

<https://helda.helsinki.fi>

Tutkiva lähestymistapa kemian opetukseen : V Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät -symposiumkirja

Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto
2010-12-07

Aksela , M , Pernaa , J & Rukajärvi-Saarela , M (toim) 2010 , Tutkiva lähestymistapa kemian opetukseen : V Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät -symposiumkirja . Kemian opetus , Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto , Helsinki .

<http://hdl.handle.net/10138/306401>

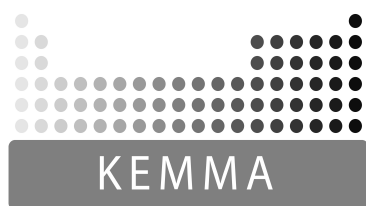
unspecified
publishedVersion

Downloaded from Helda, University of Helsinki institutional repository.

This is an electronic reprint of the original article.

This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.

Please cite the original version.



Maija Aksela, Johannes Pernaa & Maija Rukajärvi-Saarela (toim.)

TUTKIVA LÄHESTYMISTAPA KEMIAN OPETUKSEEN

V Valtakunnalliset kemian opetuksen
päivät -symposiumkirja

Julkaisija: Kemian opetuksen keskus,
Kemian laitos, Helsingin yliopisto
Taitto: Johannes Pernaa
ISBN 978-952-10-6747-1 (nid.)
ISBN 978-952-10-6748-8 (PDF)
ISSN 1797-1517
Yliopistopaino Oy
Helsinki 2010

Alkusanat

Valtakunnallisia kemian opetuksen päiviä on järjestetty vuodesta 2006 lähtien eri puolilla Suomea. Kemian opetuksen päivät ovat eri asteilla toimivien opettajien, tulevien opettajien, tutkijoiden, yhteistyötahojen ja kaikkien kemian ystävien yhteinen vuorovaikutustilaisuus kerran vuodessa. Päivillä yhdistyy tutkimustieto ja käytännön tieto sekä työelämä. Päivien ohjelmasta julkaistaan yhteenvetona artikkelikirja kaikkien iloksi. Nyt edessäsi oleva kirja on neljäs. Kirja julkaistaan sekä verkossa että painettuna kirjana. Kaikki verkkokirjat ovat saatavilla valtakunnallisen Kemian opetuksen keskuksen Kemman verkkosivuilta (<http://www.helsinki.fi/kemma> → opettajille).

Viidennet valtakunnalliset päivät 2010 järjestettiin 8.-9.4.2010 Kokkolan kampuksella. Tämän vuoden pääteemana oli ajankohtainen tutkiva oppiminen ja opettaminen (tutkimuksellinen opiskelu, engl. inquiry-based learning), jonka on todettu lisäävän lasten ja nuorten kiinnostusta luonnontieteitä kohtaan. Tutkimuksellisen opiskelun käyttöä suositellaan lisääväksi kemian opetuksessa koko EU:ssa (ks. http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf).

Kemian opetuksen päivien järjestelyistä vastasi Kokkolan "tiimi" ja valtakunnallinen Kemian opetuksen keskus Kemma. Tapahtuma oli osa Opetushallituksen rahoittamaa täydennyskoulutusta. Päiville osallistui lähes 200 alan asiantuntijaa, jotka olivat ajantasaisesti omaa tietotaitoaan sekä samalla tapaamassa niin tuttuja kollegoita kuin myös kohtaamassa uusia kemiasta kiinnostuneita ihmisiä.

Tämä kirja sisältää 19 artikkelia päivien ohjelmaan liittyen. Tapahtuman aikana pidetyistä esityksistä (esimerkiksi tutkimuksellisesta opiskelusta) ja joistakin työpajoista on lisämateriaalia saatavissa osoitteessa http://www.cou.fi/kopkokkola2010_materiaalit/.

Vuonna 2011 vietämme kansainvälistä kemian vuotta. Kuudennet valtakunnalliset kemian opetuksen päivät pidetään Kemian Päivien yhteydessä 22.-23.4.2011 Helsingissä.

Iloa kemiasta, sen opetuksesta ja opiskelusta!

Helsingissä 7. joulukuuta 2010

Maija Aksela
professori
Kemian opetuksen keskus
Kemian laitos
Helsingin yliopisto

Johannes Pernaa
tutkija
Kemian opetuksen keskus
Kemian laitos
Helsingin yliopisto

Maija Rukajärvi-Saarela
kemianlehtori, päivien koordinaattori
Tekniikan ja liiketalouden yksikkö,
Kokkola
Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu

Sisällys

Alkusanat.....	3
----------------	---

Maija Aksela, Johannes Pernaa & Maija Rukajärvi-Saarela

I Yleisartikkelit

Mitä kuuluu kemian opetukselle?.....	8
--------------------------------------	---

Marja Montonen

Teollisuus ja koulut yhdessä kohti pitkäjänteistä kumppanuutta.....	11
---	----

Riitta Juvonen

Problem based learning – the way of motivation.....	17
---	----

Birgit Kjaerside Storm

Helppoja, hyödyllisiä ja halpoja demonstraatioita alakoulun kemian opetukseen.....	24
--	----

Pirjo Häkkinen & Jouni Väliisaari

Tutkiva kemian opettaja: Kemian käsitteet ja ilmiöt opetuksessa (osa 2).....	29
--	----

Maija Aksela, Kati Kolehmainen, Elina Rautapää, Jan Jansson, Markku Oksanen, Johannes Posti, Sanna Westerberg, Suvi Niemiahho, Linnea Töyrylä, Mikko Rajakylä, Jaana Saarni, Sanna Alhonen, Minna-Kaisa Knuutinen, Ilmo Teikari & Simo Tolvanen

Liikkeelle! -verkkopalvelu tutkivan ja yhteisöllisen oppimisen tueksi yläkouluun ja lukioon.....	67
--	----

Tiina Hyttinen & Päivi Ojala

Minustako tutkija? : Lukion opettajan ja opiskelijan kokemuksia erillisen tutkimusprojektin toteutuksesta aidossa tutkijaympäristössä.....	73
--	----

Anneli Kauppi & Elina Nissilä

Teollisuus ja koulut yhteistyössä.....	77
--	----

Päivi Ojala

II Tutkimusartikkelit

Kehittämistutkimus: Luonnontieteiden luonne lähestymistapana Kemia tieteenä -kurssilla.....	80
---	----

Veli-Matti Vesterinen & Maija Aksela

Kemian mallit ja visualisointi -kurssin yhteisöllinen uudistaminen malliteoriaan pohjautuvalla kehittämistutkimuksella.....	96
---	----

Johannes Pernaa, Maija Aksela & Jenni Västinsalo

Kemian noviisiopettajien käsityksiä opettajan työstä ensimmäisinä työvuosina.....	115
---	-----

Heidi Handolin, Maija Aksela & Jari Lavonen

Käsityksiä vetysidoksesta.....	131
--------------------------------	-----

Lassi Pyykkö & Jan Lundell

Laboratorioharjoitusten arviointia kehittämällä kohti parempia oppimistuloksia.....	146
---	-----

Matti Niemelä, Leena Kaila, Sirpa Suni & Paavo Perämäki

Luokanopettajaopiskelijoiden käsityksiä ja kokemuksia tutkimuksellisesta opiskelusta fysiikka/kemian kurssilla.....	157
---	-----

Maija Rukajärvi-Saarela, Margetta Sarkkinen & Maija Aksela

Maaperän rikkaudet.....	168
-------------------------	-----

Kimmo Mantila, Maija Rukajärvi-Saarela & Laura Rahikka

Molekyyli gastronomia – uusi lähestymistapa kemian opetukseen.....	177
--	-----

Jenni Västinsalo, Maija Aksela & Anu Hopia

Nanotieteen kurssi lukiolaisille aineenopettajaopiskelijoiden avulla.....	186
---	-----

Anssi Lindell, Anna-Leena Latvala & Jouni Viiri

Ongelmaperustainen kokeellisuus työtapana ammattikorkeakoulussa.....	198
<i>Jukka Rautiainen & Maija Aksela</i>	
POPBL- opiskelutavalla lisää motivaatiota luonnontieteiden opiskeluun.....	214
<i>Maija Rukajärvi-Saarela, Päivi Ojala, Teemu Käsäkangas & Tuula Heikkilä</i>	
Liite 1 – Kemian opetuksen päivät 2010 ohjelma.....	225
Liite 2 – Tutkimusartikkelien arviointikriteerit.....	227

I Yleisartikkelit

Mitä kuuluu kemian opetukselle?

Marja Montonen
Opetushallitus

Vuosi 2011 on kansainvälinen kemian vuosi teemana ”Chemistry – our life, our future”. Merkkivuoden tavoitteena on muun muassa kemian arvostuksen nostaminen ja kemian merkityksen tunnetuksi tekeminen sekä kiinnostuksen lisääminen kemian opiskeluun. Nämä tavoitteet ovat myös kemiaopetuksen keskeisiä päämääriä. Kemian asema oppiaineena ja opetuksen resursointi riippuvat myös tulevaisuudessa paljolti siitä, kuinka tärkeinä koulutuspolitiikasta päättävät tahot pitävät näitä tavoitteita ja kuinka he näkevät niiden toteutumisen. Kemian imagon muodostumisen kannalta olennaista on korkeatasoinen ja motivoiva kemianopetus, jota taitava, kehittymishaluinen opettaja antaa.

PISA-tuloksia odotellessamme on muistettava, että hyvän pohjan jatko-opinnoille turvaa perusopetus koskien kaikkia oppilaita. Oppimisen edellytyksiä voidaan parantaa myös opettajankoulutusta kehittämällä, kansallisten kehittämishankkeiden määrätietoisella toteuttamisella sekä uusien modernien oppimateriaalien käyttöön ottamisella. On myös muistettava, että meillä on ollut koulutuksen alueella poikkeuksellinen tapa toimia yhteistyössä kaikkien yhteiskunnan sektoreiden kesken. Tällä toiminnalla vähäisiä voimavaroja on pystytty kohdistamaan tärkeisiin kehittämiskohteisiin.

Suomalainen menestysstrategia perustuu tällä hetkelläkin osaamiseen, vahvaan vientipainotteiseen teollisuustuotantoon, jossa korkean teknologian osuus on suuri, kansainväliseen yhteistyöhön ja globalisaation hyödyntämiseen ja ennen kaikkea siihen, että suomalainen koulutusjärjestelmä tuottaa lavealla rintamalla korkeatasoisia asiantuntijoita pitämään yllä tuotantoa ja palveluita sekä yksityisellä että julkisella sektorilla.

Edellä kuvattua menestysstrategiaa tukee myös opetus- ja kulttuuriministeriön työryhmän esitys ”Perusopetus 2020 –yleiset valtakunnalliset tavoitteet ja tuntijako”. Tuossa esityksessä perusopetuksen tavoitteet on konkretisoitu määrittelemällä tulevaisuudessa tarvittavat kansalaisen taidot. Niillä tarkoitetaan laaja-alaisia toimintavalmiuksia, joissa yhdistyvät tiedot, taidot, asenteet ja arvot sekä kyky soveltaa opittua määrättyssä kontekstissa. Yhdeksi osaamisen painopisteeksi on asetettu luonnontieteellinen, teknologinen ja matemaattinen osaaminen. Niiden merkitys korostuu tulevaisuudessa sekä kansalaisen arkielämässä että monissa tulevaisuuden ammateissa. Talouden kilpailukykyyn takaamiseksi tarvitaan matematiikan, teknologian ja luonnontieteiden aloille riittävästi motivoituneita opiskelijoita, mutta myös ympäristöosaajia, joilla on vankat matematiikan ja eksaktien luonnontieteiden perustiedot ja –taidot. Tällä hetkellä innokkuus näiden alojen opiskeluun on hiipumassa sekä Euroopassa että Pohjois-Amerikassa.

Kemian ja fysiikan opetuksen tärkeimpänä tavoitteena suomalaisessa perusopetuksessa voidaan pitää oppilaiden innostamista näiden aineiden opiskeluun. Se edellyttää sekä näiden aineiden merkityksen tiedostamista että monipuolisten työtapojen käyttöä. Tämä on haaste sekä opettajille että resursseista vastaaville koulutuksenjärjestäjille. Kemian ja fysiikan opetuksen erityisenä tavoitteena pidetään luonnontieteellisen ajattelun taitoja, jotka kehittyvät tutkivaa lähestymistapaa käytettäessä. Oleellista perusopetuksessa on tällöin toiminnallinen kokeellisuus. Lisäksi tutkiminen, rakentelu, keksiminen ja tiedon esittäminen antavat tilaa luovalle toiminnalle ja oppimisen ilolle, jotka edistävät opiskelumotivaatiota. Onnistumisen ja menestymisen kautta tuetaan positiivisen asenteen kasvua ja kiinnostusta kemiaa kohtaan. Tämä ”pyhä kolminaisuus” on kierre, jonka syntymiseen tai tainnuttamiseen oppilaassa opettajalla on keskeinen rooli.

Perusopetus 2020 -esityksessä määritellään myös perusopetuksen sisältö oppiainekokonaisuuksina, joiden keskeisenä tehtävänä on osoittaa yhteiset näkökulmat ja luoda synergiaa toisiaan lähellä olevien oppiaineiden välille. Ympäristö, luonnontieto ja teknologia kokonaisuuteen kuuluvat biologia, maantieto, fysiikka ja kemia, joille kaikille on yhteistä tutkiva lähestymistapa. Tuntijakoesityksessä luonnontieteiden opetuksen kokonaistuntimäärä pysyy samana, mutta kaikkien luonnontieteiden pakollisia opetustunteja vähentämällä on oppiainekokonaisuuteen syventäviin opintoihin 7.- 9.-luokilla osoitettu kaikkiaan neljä vuosiviikkotuntia. Oppiainekokonaisuuteen kuuluvat valinnaiset opinnot tarjoavat mahdollisuuden keskeisten pitkälti luonnontieteellisellä tiedolla selitettävien keskeisten globaalien ilmiöiden tarkasteluun. Esimerkiksi energian tuottaminen ja siihen liittyvät ympäristökysymykset, ilmaston muutos ja terveellinen ympäristö ovat aiheita, joita tulee lähestyä eri luonnontieteiden näkökulmista. Ongelmaksi saattaa muodostua opetuksen järjestämisessä se, kuinka turvataan eri oppiaineiden asiantuntijuus monitieteisissä opinnoissa, sillä esimerkiksi biologian ja maantieteen opettajalla on erilainen lähestymistapa kuin kemian ja fysiikan opettajalla. Riittääkö kemian opetukseen osoitettu tuntimäärä kokeelliseen opetukseen ja peruskäsitteiden omaksumiseen? Miten määritellään lähtötaso toisella asteella, kun oppilaiden opintopolut ovat kovin erilaisia? Miten valinnaisuus vaikuttaa oppilasarvosteluun ja peruskoulun päättötodistukseen? Miten hyvittää vaativampia kursseja valinneita oppilaita rankaisematta kohtuuttomasti niitä, jotka päättivät suorittaa ”vain peruskoulun normaalisijallön” kussakin oppiaineessa?

Lupaavia luonnontieteiden opiskelijoita on pyrittävä tukemaan kaikin keinoin. Tarve näiden alojen osaajista on maassamme suuri. Opetushallitus käynnisti keväällä 2009 lahjakkuutta ja erityisvahvuuksia tukevan opetuksen kehittämishankeen. Tämän kansallisen hankkeen tavoitteena on parantaa mahdollisuuksia tunnistaa lahjakkuudet ja erityisvahvuudet sekä kehittää opetusta ja koulujen toimintaa niin, että se tukee oppilaita omien vahvuuksien tunnistamisessa ja vähentää oppilaiden alisuoriutumista. Huolestuttavaa on, että tutkimuksen mukaan vain murto-osa peruskoulun päättäneistä pystyy nimeämään asian tai alueen, jossa he ovat hyviä. Voidaankin kysyä, onko meillä varaa hukata potentiaalia? Eikö koulu tuekaan riittävästi asiantuntijuuden ja huippusuoritusten syntyä ja kasvua?

Tieto- ja viestintäteknikan opetuskäytössä Suomi kuului vielä viime vuosikymmenen alussa kärkimaihin, mutta enää tilanne ei ole niin valoisa. Suomessa on investoitu voimakkaasti laitteisiin ja verkkoyhteyksiin, mutta pedagogiikka ja koulun toimintakulttuuri ei ole juurikaan muuttunut. Huolestuttavaa on, että tieto- ja

viestintätekniiikan hyödyntämisessä koulujen väliset erot ovat suuret. Osassa kouluja uuden teknologian hyödyntäminen on jokapäiväistä, mutta monessa koulussa ollaan vasta alussa. Tieto- ja viestintäteknikka tarjoaa hyvät mahdollisuudet yhteisöllisen ja osallistavan toimintamallin käyttöönottoon sekä opetuksessa että opiskelussa. Lisäksi se soveltuu tiedon jakamiseen, hyödyntämiseen sekä muuhun vuorovaikutukseen. Nykyinen mediakulttuuri edellyttää kouluilta joustavuutta, rohkeutta ja valmiutta uudistua sekä tehdä toimintaansa muille näkyväksi. Nuorten tapa oppia on osin erilainen kuin vanhemmilla ikäluokilla. Visuaalisuus, monimediaisuus, yhteistyö ja jakamisen kulttuuri ovat nuorille ominaisia toimintatapoja. Hyvän opetuksen tehtävä on ohjata tätä toimintaa oppimista tukevaan suuntaan.

Opetus- ja kulttuuriministeriön lukiokoulutuksen kehittämistyöryhmän kiinnitetään erityistä huomiota tieto- ja viestintätekniiikan käyttöön ja toimenpide-ehdotuksena on muun muassa tieto- ja viestintätekniiikan käyttö ylioppilastutkinnossa. Tämä edellyttää opetuksen uudistamista siten, että tieto- ja viestintäteknikkaa käytetään sekä opetuksessa että opiskelijan oppimisen arvioinnissa. Kemian opetuksessa on jo käytössä esimerkiksi molekyylimallinnuksen ohjelmia sekä kokeellisen datan graafisia esitysohjelmia, mutta ei koottua tietoa niiden käytöstä. Kemianopettajille tulisikin pikaisesti käynnistää täydennyskoulutusohjelma, johon sisältyisi tietokoneen käyttö kurssikokeissa. Minitietokoneiden yleistyminen mahdollistaa hyvinkin nopean käyttöönoton kuten aikoinaan graafisen laskimen käytön matematiikanopetuksessa. Odotan uteliaana kuinka kemian opettajat ottavat tämän haasteen vastaan.

Teollisuus ja koulut yhdessä kohti pitkäjänteistä kumppanuutta

Riitta Juvonen
Kemianteollisuus ry

Nopeasti muuttuvassa toimintaympäristössä paineet koulujen ja opetuksen uudistamiseen ovat kovat. Yksi keskeisistä haasteista koulutyön uudistamisessa on oppimisympäristöjen monipuolistaminen. Opetuksen olisi tarjottava tulevaisuudessa nykyistä enemmän mahdollisuuksia tutustua opittaviin asioihin todellisissa ympäristöissä, esimerkiksi yrityksissä ja muilla työpaikoilla.

Tässä artikkelissa kuvaan koulujen ja yritysten välisen yhteistyön haasteita, edellytyksiä ja toteutustapoja. Artikkelin pohjautuu Kokkolassa V kemian opetuksen päivillä 8.4.2010 pidettyyn esitykseen.

1. Yhteistyö osaksi opetussuunnitelmaa

Vuoden 2004 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa on vain vähän mainintoja opetuksen järjestämisestä koulun ulkopuolisissa oppimisympäristöissä, eikä yhteistyöstä koulun ulkopuolisten tahojen kanssa ole montakaan mainintaa. Yrityksiin ja työelämään tutustuminen mainitaan ainoastaan yrittäjyyttä koskevissa aihekokonaisuuksissa. Sama koskee lukion vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteita.

Kun opetussuunnitelman perusteet eivät vaadi tekemään yhteistyötä koulun ulkopuolisten tahojen kanssa, jää yhteistyöhön hakeutuminen paljolti sen varaan, miten kunnat ja koulut omat opetussuunnitelmansa rakentavat. Koulujen resursoinnista vastaavilla kunnilla on ratkaiseva rooli yhteistyön mahdollistajana. Vastuu koulun tasolla on ennen kaikkea rehtoreilla, mutta myös opettajilla, jotka tekevät päivittäiset ratkaisut opetuksen toteutuksesta.

Maastamme löytyy mainioita esimerkkejä monipuolisesta, rikkaasta yhteistyöstä koulujen ja muiden tahojen välillä. Näiden esimerkkien levittäminen on yksi keino laajentaa koulujen vuorovaikutusta ympäröivän yhteisön kanssa. Mutta vielä paljon matkaa on tilanteeseen, jossa koulu tarjoaa jokaiselle oppilaalle mahdollisuuksia oppia tulevaisuutensa kannalta merkittäviä asioita aidoissa ympäristöissä ja tilanteissa.

Kun perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmien uudistaminen jälleen lähiaikoina käynnistyy, olisi erityisen tärkeää kiinnittää huomio entistä monipuolisempiin oppimisympäristöihin. Yritykset oppimisympäristöinä tulisi kirjata eri oppiaineiden vaatimuksiin. Oppimismotivaatio vahvistuu, kun oppilas pääsee käytännössä näkemään, mihin esimerkiksi luonnontieteellistä tietoa tarvitaan ja minkälaisissa ammateissa tietoa käytetään.

2. Miksi koulu hakeutuu yhteistyöhön yritysten kanssa?

Moni koulu on löytänyt motiivit ja työtavat, joilla yritykset on otettu mukaan koulun toimintaan. Kuten edellä on todettu, opetussuunnitelma on usein ratkaiseva tekijä, jotta yhteistyö olisi tuloksellista ja pitkäjänteistä.

Hannele Levävaaran mukaan yhteistyö tarjoaa koululle ja oppilaille monia mahdollisuuksia (Levävaara, 2010):

- Oppilaiden omakohtaiset kokemukset ja elämykset
- Päivitetyt tiedon saaminen yritysmaailmasta
- Tutustuminen nykyaikaiseen teknologiaan ihmisen palveluksessa
- Uuden teknologian kehittämisen hahmottaminen
- Tutustumien eri ammatteihin
- Vastaukset oppilaiden kysymyksiin ”Mihin tätä tarvitaan?”
- Erilaisten sisällöllisten teemojen toteuttaminen.

Motiiveja yritys yhteistyölle on siis löydettävissä useasta näkökulmasta. Oppilaiden kannalta yhteistyö antaa kokonaisvaltaisia elämyksiä ja kokemuksia, jotka ovat mahdollisia vain itse kokemalla ja näkemällä. Tutustumalla yrityksiin koulutyön puitteissa oppilas saa käsityksen siitä, mihin eri oppiaineita tarvitaan. Esimerkiksi luonnontieteiden ja matematiikan oppimisen tarpeellisuus konkretisoituu oppilaalle, kun hän pääsee tutustumaan vaikkapa kemianteollisuuden yrityksen tutkimukseen tai näkee teollisen prosessin toiminnan käytännössä.

Yritys yhteistyön tulisi olla osa eri aineiden opetusta. Usein vierailuja työpaikoille tehdään ainoastaan opinto-ohjauksen yhteydessä. Luonnontieteiden opettajan roolia ammatinvalinnan opastajana ja eri ammatteja koskevan tiedon jakajana olisi korostettava. Myös opettajien valmiuksia antaa tietoa työpaikoista tulisi vahvistaa.

Opettajalle yritys yhteistyö avaa uusia näkökulmia omaan oppiaineeseen ja mahdollisuuden kehittyä ammatillisesti. Luonnontieteellinen tieto kehittyy jatkuvasti, ja uusia innovaatioita ja teollisia sovelluksia syntyy. Luomalla kumppanuuksia yritysten kanssa, opettaja saa valmiuksia sisällyttää tuoreinta tietoa omaan opetukseensa.

3. Tutustumiskäynnistä toiminnalliseen yhteistyöhön

Tyypillinen tapa käynnistää yritys yhteistyö on tehdä tutustumiskäynti yritykseen. Yksittäinen vierailu jää kuitenkin helposti irralliseksi, ellei sitä liitetä kiinteäksi osaksi opetusta. Koulujen ja yritysten välisen yhteistyön kehittämisessä tavoitteena tulisi olla pitkäjänteinen, suunniteltu ja opetussuunnitelmaan kiinteästi liittyvä yhteistyö. Yksittäinen vierailu läheisessä yrityksessä voi toki tuoda vaihtelua opetukseen ja lisätä oppilaiden innostusta hetkellisesti. Syvällinen oppiminen ja asioiden omaksuminen edellyttävät kuitenkin useimmiten jatkuvuutta, suunnitelmallisuutta ja hyvää ennakkovalmistautumista.

Tutkimukset osoittavat henkilökohtaisen kokemuksen merkityksen oppimisessa ja käsitysten muodostumisessa. Kouluikäisten käsityksiä teollisuudesta ja luonnontieteistä on tutkittu muun muassa Englannissa.

Children challenging industry -hankkeessa (Parvin & Stephenson, 2004) tutkittiin, miten 9-11 -vuotiaiden käsitykset teollisuudesta muuttuivat ja monipuolistuivat heidän päästyään näkemään teollisuuden toimintaa ja tutustumaan teollisuuden ammatteihin yrityksissä. Ennen yhteistyön käynnistymistä lasten mielikuvat olivat vanhanaikaisia eikä teollisuuden ammatteja pidetty kiinnostavina. Yhteistyön toteuduttua ja lasten päästyä tutustumaan monin erilaisin tavoin yrityksen toimintaan käsitykset muuttuivat merkittävästi. Myös oppimistulokset paranivat, ja vaikutukset näkyivät vielä useiden vuosienkin kuluttua.

Toiminnallisen yhteistyön malleja on kehitetty sekä meillä että maailmalla. Muun muassa Taloudellisen tiedotustoimiston sekä elinkeinoelämän järjestöjen luomat mallit ja materiaalit ovat hyviä apuvälineitä yhteistyön käynnistämiseen.

Esimerkiksi Kemianteollisuus ry:n toteuttamassa InnoKemia -hankkeessa koulu-yritysyhteistyön lähtökohtana oli yrityksen innovaatioprosessi. Oppilaat tutustuivat johonkin yrityksen innovaatioon, perehtyivät siihen liittyvään kemian sisältöön, haastattelivat yrityksen tutkijoita ja tutustuivat innovaatioprosessiin kokonaisuutena. Luonnontieteen oppimisen ohella nuorille syntyi kuva yrityksen toiminnasta ja ammateista, joita innovaatioprosessissa tarvitaan.

4. Yhteistyön kirjo on laaja

Yritysvierailujen ja toiminnallisten opintokäyntien lisäksi koulujen ja yritysten välistä yhteistyötä voidaan toteuttaa monin muinkin tavoin. Koulun opetussuunnitelmaa laadittaessa olisikin hyvä avoimesti ja ennakkoluulottomasti pohtia mahdollisuuksia, joita koulua ympäröivä yhteisö tarjoaa. Aina ei edes tarvita suuria resursseja yhteistyön toteutukseen.

Tutustumiskäyntien ohella perinteisiä tapoja ovat olleet esimerkiksi kummiluokat tai yritysedustajien vierailut opettajina. Koulun lähellä toimivien yritysten puoleen käännytään myös usein tarvittaessa sponsoriapua koulun hankkeille.

Opettajien vierailut yrityksissä (Ope-TET) ovat viime vuosina saaneet uutta vauhtia muun muassa Taloudellisen tiedotustoimiston koordinoiman Elinkeinoelämän nuoriso-ohjelman myötä. Opetustyöhön voi tulla aivan uutta näkökulmaa opettajan päästessä tutustumaan yritykseen yhdeksi tai useammaksi päiväksi. Ope-TETin tuloksena voi olla esimerkiksi uusi soveltava lukion kurssi, kuten Tampereella Lääketieteellisen teknologian instituutissa toteutetussa Ope-TETissa (Kemianteollisuus ry, 2008, 26-27). Sekä koulun että yrityksen kannalta merkityksellinen tulos Ope-TETistä voi olla myös yritykselle laadittu suunnitelma oppilasvierailuja varten.

Verkkoviestintä ja sosiaalinen media laajentavat koulujen ja yritysten välisen yhteistyön mahdollisuuksia. Elinkeinoelämän järjestöjen yhteistyönä käynnistetty Opetin.fi on esimerkki palvelusta, joka tarjoaa mahdollisuudet yritysten ja koulujen välisen virtuaalisen

yhteistyön toteutukselle. Monet yritykset hyödyntävät jo sosiaalista mediaa, mutta on selvää, ettei virtuaalimaailmassa toteutettavan yhteistyön kaikkia mahdollisuuksia ole vielä hyödynnetty.

5. Kemianteollisuus ry kannustaa yrityksiä yhteistyöhön

Kemianteollisuuden yritysten toimialajärjestö Kemianteollisuus ry (tuolloin Kemian Keskusliitto) aloitti 1980-luvulla koulujen ja yritysten välisen yhteistyön aktivoinnin. Alkuvaiheessa tuotettiin materiaaleja luonnontieteiden opetukseen, kannustettiin opettajia työelämäjaksoille ja käynnistettiin Komppa-päivät Matemaattisten Aineiden Opettajien Liiton järjestämässä lukion kemiakilpailussa menestyneille nuorille ja heidän opettajilleen.

Kansallisten LUMA-talkoiden aikana 1990-luvun lopulla Kemianteollisuus ry halusi kiinnittää erityistä huomiota kemian opetukseen ja kemian opettajien valmiuksiin. Vuonna 1998 käynnistetty Kemia tänään -hanke on vakiinnuttanut paikkansa yhtenä kemian opettajien vuosittaisista täydennyskoulutustapahtumista. Yhtenä tärkeänä tavoitteena tapahtumissa on ollut alusta lähtien yritysten aktivointi yhteistyöhön kemian opettajien kanssa.

Kemia tänään -yhteistyössä ovat mukana Opetushallitus, Helsingin yliopiston valtakunnallinen kemian opetuksen keskus ja MAOL ry. Tärkeä osapuoli näissä tapahtumissa ovat tietysti alan yritykset, joihin järjestetään vierailuja tapahtumien yhteydessä.

Viime vuosina yrityksiä ja kouluja on tuotu yhteen myös kemianluokka Gadolinissa ja Tekniikan museossa, jotka toimivat mainioina oppimisympäristöinä luonnontieteiden opetuksessa.

Kemianteollisuuden tavoitteet yritysten ja koulujen yhteistyön edistämisessä voidaan tiivistää seuraavasti:

- Kemianteollisuuden vetovoiman lisääminen ja hakeutuminen alan ammatteihin. Yhteistyötä tehdään kaikilla koulutustasoilla. Painopisteenä on kemian alan koulutus, mutta myös kaikki muut koulutusalat, joilta kemianteollisuus rekrytoi henkilöstöä.
- Kemian alan tunnettuuden lisääminen: Kemianteollisuus ry katsoo, että kemian alan ja merkityksen tunteminen on osa yleissivistystä, joka kaikkien tulisi saavuttaa.
- Nuorten työelämäntuntemuksen lisääminen: Kemianteollisuus pitää tärkeänä, että kullekin nuorten ikäryhmälle järjestetään sellaisia yhteistyömuotoja, jotka sopivat kyseiseen ikään ja tiedontarpeisiin. Tietoa ja tutkimustuloksia eri ikäisten odotuksista välitetään yritysten käyttöön.

Alaluokilla painottuvat kemian ilmiöt ja innostus tutkimiseen. Peruskoulun yläluokilla on tuotava esiin erilaisia ammattivaihtoehtoja ja valintojen merkitystä. Lukiossa ollaan jo kiinnostuneempia eri toimialoista. Ammatti- ja korkeakouluopiskelijoita alkavat kiinnostaa yhä enemmän myös yksittäiset yritykset ja niiden tarjoamat mahdollisuudet.

- Yritysten kouluyhteistyöosaamisen kehittäminen: Monet yritykset tarvitsevat tietoa ja kannustusta yhteistyön toteuttamiseen eri asteiden oppilaitosten kanssa. Peruskoulujen ja lukioiden kanssa tehtävän yhteistyön ohella korkeakouluopintoihin liittyvän harjoittelun ja työssäoppimisen toteutuksessa yrityksille tarjoutuu monipuolisia mahdollisuuksia tehdä yhteistyötä oppilaitosten kanssa.

6. Yritys katsoo tulevaisuuteen

Kuten edellä on todettu, pitkäjänteisen yritysyhteistyön edellytys koulun kannalta on yhteistyön kirjaaminen opetussuunnitelmaan. Vastaavasti yrityksen pitkäjänteinen sitoutuminen ja suunnitelmallisuus ovat välttämättömiä tekijöitä kumppanuuden syntymiseksi. Oppilaitosten kanssa tehtävä yhteistyö tulee kirjata yrityksen strategiaan. Yhteistyölle on asetettava tavoitteet ja sille tulee antaa riittävät resurssit.

Monessa yrityksessä kouluyhteistyö on vielä yksittäisten henkilöiden innostuksen ja halukkuuden varassa. Yritysten ollessa kovissa taloudellisissa paineissa ja henkilöstön määrän supistuessa voi olla vaikeaa löytää resursseja yhteistyölle. Kun yhteistyö on osa yrityksen strategiaa, ei sen toteutuminen ole henkilösidonnaista ja resurssitkin löytyvät helpommin.

Yritysten kokemia kouluyhteistyön hyötyjä voidaan pitää luonteeltaan välillisempinä kuin koulujen yhteistyöstä saamat hyödyt. Yrityksen näkökulmasta hyödyt painottuvat tulevaisuuteen. Motiivit tehdä yhteistyötä koulujen kanssa liittyvät erityisesti henkilöstökysymyksiin ja yrityksen työnantajakuvaan. Tärkeä motiivi voi olla myös yrityksen tunnettuuden lisääminen paikkakunnalla tai imagokysymykset.

7. Tavoitteena pitkäjänteinen kumppanuus

Pitkäjänteisen koulujen ja yritysten yhteistyön edellytyksenä on molempien osapuolten sitoutuminen. Yhteistyön lähtökohtana on molempien halu ja kiinnostus yhteistyöhön.

Kun koulu ja yritys ovat löytäneet toisensa ja molemmat haluavat sitoutua yhteistyöhön, on suositeltavaa kirjata ylös molempien osapuolten tavoitteet ja odotukset sekä suunnitellun yhteistyön laajuus ja yhteistyömuodotkin pääpiirteittäin. Näin saadaan molemmiin puoliin käsitys siitä, mitä toinen osapuoli odottaa ja toisaalta tarjoaa yhteistyöhön. Samalla vältetään epäselvyyksiltä ja mahdollisilta pettymyksiltä.

On selvää, että pettymyksiäkin puolin tai toisin voi tulla. Koska yhteistyö koulujen kanssa ei ole yrityksen päätehtävä, saattaa syntyä tilanteita, joissa yritys joutuu priorisoimaan suoraan liiketoimintaan liittyviä asioita, ja kouluyhteistyötä joudutaan karsimaan.

Toisaalta yritys voi kokea, että pitkäaikainenkaan panostus ei täytä odotuksia, joita sille asetetaan. Esimerkiksi kummiluokkatoiminnassa muutamat yritykset ovat pettyneet, kun kummiluokasta ei lopulta juuri kukaan valinnut yrityksen kannalta tärkeää ammatillista opintopolkua.

Jotta odotukset puolin ja toisin täyttyisivät, on hyvä myös miettiä, miten yhteistyötä ja sen tuloksia arvioidaan. Keskustelemalla yhteistyöhankkeista ja tuomalla esiin onnistumiset ja kehittämistarpeet on mahdollista kehittää yhteistyötä yhä paremmin molempien tarpeita vastaaviksi.

8. Lopuksi

Tarve yhteistyön lisäämiseen kasvaa sekä kouluissa että yrityksissä. Ikäluokkien pieneneminen ja henkilöstön eläkkeelle siirtyminen lisäävät yritysten paineita varmistaa tulevaisuuden työvoiman saanti. Koulun työtapojen ja oppimisympäristöjen uudistaminen puolestaan on yksi tärkeistä tavoitteista kehitettäessä koulua muuttuvan maailman tarpeisiin.

On todennäköistä, että lähivuosina koulujen ja yritysten yhteistyö tiivistyy. Yhteistyön suunnitelmallisuus, vuoropuhelu ja sitoutuminen ovat onnistuneen yhteistyön edellytyksiä. Hyvien käytäntöjen levittäminen ja kokemusten vaihto on myös tärkeää pyrittäessä laadukkaaseen yhteistyöhön.

Lähteet

Levävaara, H. Koulu ja yritys yhdessä.

http://www.edu.fi/yleissivistava_koulutus/aihekokonaisuudet/ihminen_ja_teknologia/yritysyhteistyo/koulu_ja_yritys_yhdessa, luettu 8.4.2010.

Kemianteollisuus ry. (2008). *Vuosikatsaus 2007-2008*, Helsinki.

Parvin, J. & Stephenson, M. (2004). Learning Science at Industrial Sites. Kirjassa M. Brown & M. Reiss (toim.), *Learning Science Outside the Classroom* (s. 129-150). New York: Routledge Falmer.

Problem based learning – the way of motivation

Birgit Kjaerside Storm
Aalborg University, Esbjerg Institute of Technology

Project organized problem based learning, POPBL, is one pedagogical method among several others. POPBL builds on that you can present knowledge for students/pupils but not learn for them, because learning is an active process. The POPBL is a good way to motivate students/pupils because in this method they can fulfill as well the defined key competences for a study/learning period as their own interest. That increases the level of motivation and with that in mind it is possible to get very motivated students/pupils.

1. Introduction

Project organized problem based learning, POPBL, is a pedagogical method building on the fact that learning is an active process. It is possible to present knowledge – to teach – students/pupils, but it is not possible to learn for them. They need to learn themselves. The knowledge, which is presented, will only be used and remembered, if it is possible to see the use of it. If the knowledge shall be used in a project work, it is necessary to work with the presented knowledge and it will in that way be remembered. Using the POPBL method students/pupils learn how to learn.

By using POPBL in schools the following are advantages:

- Working with a project is motivating for the pupils/students.
- The pupils/students are a part of the lessons.
- The pupils/students learn how to learn.
- The pupils/students pick up more knowledge.
- The pupils/students remember what they have learned.

The motivation of working with a project shall be found in that the students/pupils can follow their own interest and add that to the project during the project work. They need to be a part of and take part in the lessons, because the teacher/supervisor has told them that they are the active persons. The project is a process just as much as it is a learning part. It is well known that if the pupils/students use the knowledge they have been presented for, they remember it much better. Furthermore the students/pupils are responsible for their own learning. Of course they get some help, but the learning is their responsibility, and they are responsible to get the information they need to fulfil the demands in the project. In most cases the pupils/students pick up more knowledge than the presented knowledge, because they will in most cases need more knowledge to fulfil their own demands in the project work.

2. Why shall we use POPBL?

In former days the amount of knowledge in a certain area was limited. It was possible to get a good overview over the area. For example, if you studied polymer chemistry, you could during your study easily become a specialist in the topic, because during some lessons and a couple of years studying you could pick up almost all the relevant knowledge about polymer chemistry. Today an enormous amount of new knowledge comes up. New types of polymers, new polymerization methods and new additives are some of the amount of knowledge that is presented every year. It is still only possible to present a certain amount of knowledge for the pupils/students during the number of lessons well knowing that there will be much more relevant knowledge in the topic. Using POPBL as a method it is possible to present the basic knowledge for the pupils/students and then let them work with a project and in that way find more relevant and deeper knowledge themselves. Figure 1 shows the amount of knowledge we have today and how the amount of knowledge will increase every year. Only the basic part of the knowledge can be presented for the pupils/students. It is not possible to present more knowledge today than it was years ago. In most cases the amount of contact hours have been reduced with the increasing amount of available knowledge.

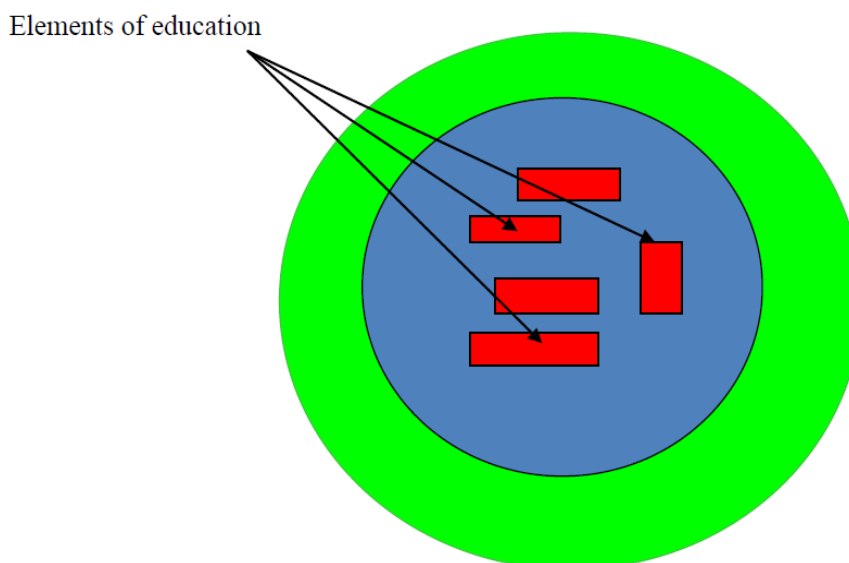


Figure 1. The red rectangles represent the elements of learning, which are possible to present for the pupils/students. The blue circle represents the available knowledge at the time of presentation of knowledge and the green circle represents the still growing/increasing amount of knowledge in the topic. (Source: Torben Rosenørn)

The fact that we cannot present all the knowledge known today and that we know that the amount of knowledge is still increasing shows that we need to teach the pupils/students how to learn and how to find and adapt new knowledge.

3. What is POPB

The POPBL builds on Kolbs learning cycle where experience, reflection, conceptualization and testing follow after each other again and again in a cycle. In figure 2 Kolbs learning cycle is illustrated. In the normal educational system it is obvious that we normally stops the process with a test and not continue the learning cycle with a new set of experience, reflection, conceptualization and testing and do that again and again. In the POPBL that is possible. We add a reflection loop or several reflection loops during the project period. Depending on the time allocated for the project work and depending on the complexity of the project work there will be one, two or three reflection loops during the project period.

During the reflection loops the students/pupils will receive the deeper learning and they will get the knowledge about, what and why they have learned.

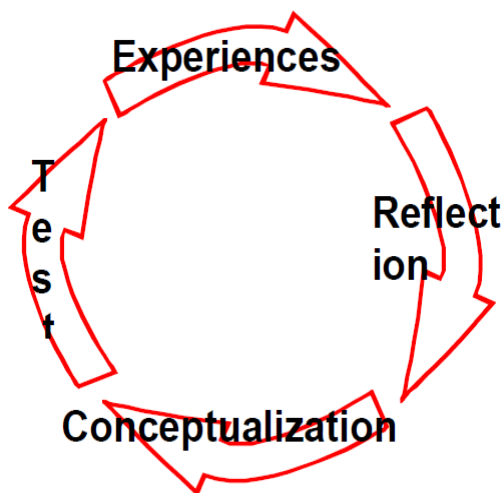


Figure 2. Kolbs learning cycle. The cycle shows the four steps in a learning process.
(Source: Torben Rosenørn)

The reflection loops are some of the very important periods in the POPBL. It will depend on the time allocated to the project, the topics of the project and the level for the pupils/students if it is possible to have really reflection loops or it will just be a reflection at the evaluation of the project work. During the reflection loops there is as mentioned before a deep learning for the pupils/students, but reflection needs time.

4. The project design

It is important that the design of a project is made, so the project will cover all the expected topics. In all education there hopefully is described a clear aim and clear goals for the education and the same for parts of the education. In a study or in a school period each semester/school class and in all each subjects the aims are described and also the goals for the obtained knowledge during the period. For each subject the core competences or key competences are described. The core competences shall of course be fulfilled in the

project work for the semester, but during a project period it is possible to go to deeper learning in many areas. In figure 3 the white area represents the key or core competences and the scope of the project work and the red area represents the deeper learning through the project work.

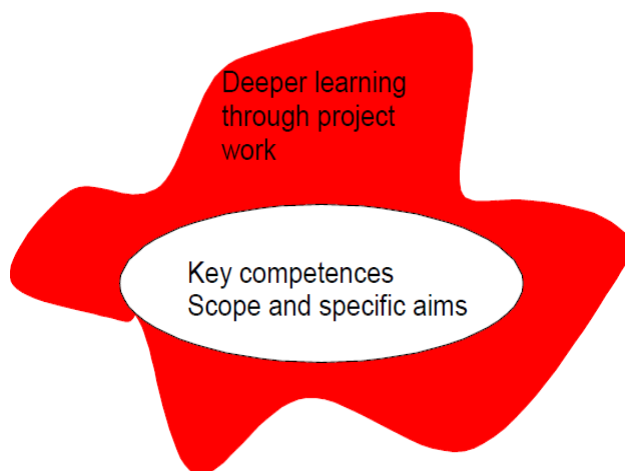


Figure 3. The white area represents the core or key competences, the scope and the specific aims of the project work and the red area represent the deeper learning, the students/pupils will receive during the project work. (Source: Torben Rosenørn)

The result of the project is the report and the obtained knowledge. During the project period some knowledge shall be presented for the students. Figure 4 describes the project period. The green area is the total project period with fulfilling of the goals for the education including the report. The yellow arrow symbolizes the official aims for the project. The green arrow symbolizes the additional interest of the students/pupils. The red arrow symbolizes the project unit courses during the project period and the supervising and consultations during the project period. (Source: Torben Rosenørn)

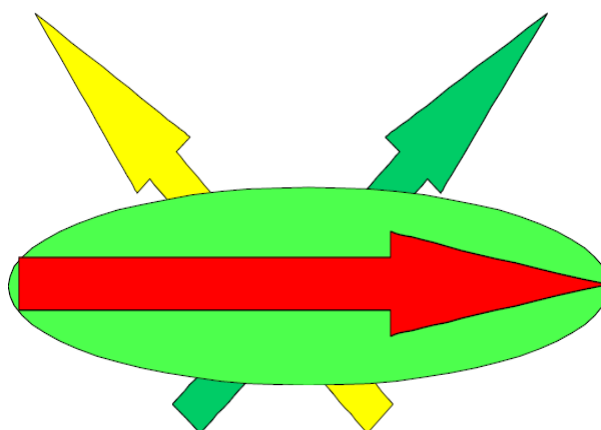


Figure 4. The project. The green area is the total project period with fulfilling of the goals for the education including the report. The yellow arrow symbolizes the official aims for the project. The green arrow symbolizes the additional interest of the students/pupils. The red arrow symbolizes the project unit courses during the project period and the supervising and consultations during the project period. (Source: Torben Rosenørn)

The green arrow symbolizes the additional interest of the students/pupils. The red arrow symbolizes the project unit courses during the project period and the supervising and consultances during the project period.

In the project design it is important for the students/pupils that the supervisor/the teacher has made it very clear, what the goal of the project will be. Figure 5 describes different situation for project.

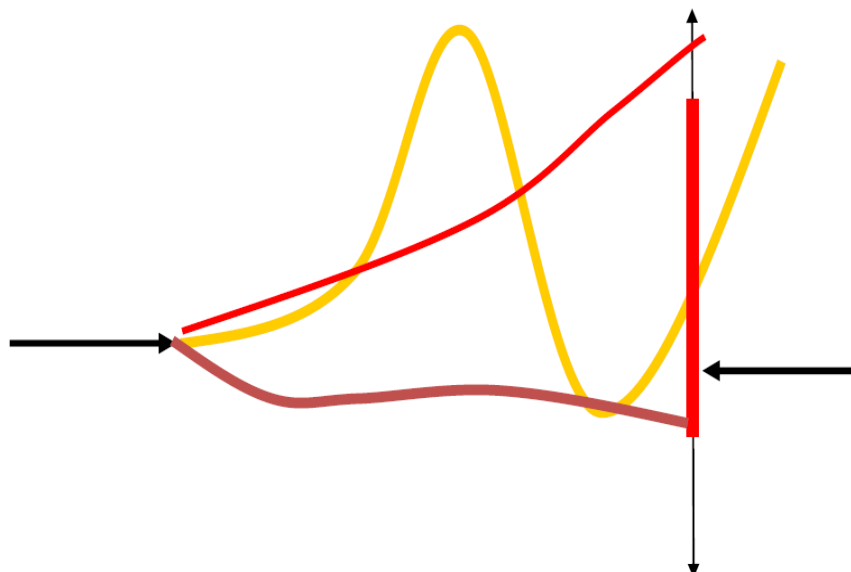


Figure 5. Design and result of a project. The arrow at the left shows the starting point for the project. The red area at the right symbolizes the target area for the project. The red curve symbolizes a project period, where a lot of knowledge has been absorbed, but the target has not been catch. The yellow line symbolizes a period where a lot of knowledge has been absorbed and the project has had several loops and at the end the target has been catch. The brown line symbolizes a period where the target just has been catch. (Source: Torben Rosenørn)

Figure 5 shows, that the start point will be the same for a described project for all pupils/students. During the project period the obtained knowledge of the teams has been very different. The arrow at the left shows the starting point for the project. The red area at the right symbolizes the target area for the project. The red curve symbolizes a project period, where a lot of knowledge has been absorbed, but the target has not been catch. The pupils/students failed the project. The yellow line symbolizes a period where a lot of knowledge has been absorbed and the project has had several loops and at the end the target has been catch. The team has absorbed much more knowledge than expected. They have ended far over the target area. The brown line symbolizes a period where the target just has been catch, but the pupils/students have passed because they catch the target for the project work.

In the design of the project it is important for the pupils/students that the starting point, which will say the expected knowledge before start of the project and the target are made clear. If it can be unclear, what the target will be, it is difficult for the team to make a

project. If the starting point is not clear, it can be difficult for the pupils/students to come to the target, because maybe they miss a part of the necessary knowledge.

How the projects will be designed will depend on which type of projects the pupils/students are expected to work with. Generally there are three types of projects:

1. Projects in one discipline/course.
2. Interdisciplinary projects.
3. Cross disciplinary projects.

The project design will depend on, which type of project there shall be made. If more supervisors shall be consultants in the project it is important that all topics are described with clear goals.

5. POPBL as learning method

In Aalborg University the project organized problem based learning method is the main learning method. For the project work the following is the way to do it.

- The project work is carried out in groups of 2-6 students.
- The students create the groups themselves.
- There is normally a catalogue with suggestions of project for each semester.
- The project is evaluated in an oral examination.
- The project counts app. 50% of the study.
- There is one project each semester.

The experience with the POPBL for the students and for us is the following:

- There is no doubt about that our students like the POPBL way of studying.
- They learn how to study and how to pick up new knowledge also about materials.
- They appreciate to cooperate with an industrial partner.
- They learn to be responsible for their own learning.
- They regard the supervisor as a co-worker more than a teacher.

The advantages of POPBL as an educational method can be said to be:

- Pupils/students learn to cooperate.
- Teachers need to cooperate, if the projects shall run over different subjects and over a period.
- Pupil/students learn to find information.
- Pupils/students own the project.
- They can use their creativity in science.
- They are motivated, because it is their project.
- They remember the knowledge they have obtained, because they have learned it in an active way.

For the teachers especially that they need to cooperate and to describe a project together is overall a great advantage, because it means, that for the pupils/students it will be easier to follow the red line in the project/semester/educational period than it is, if each teacher follows his/hers own program. In a project period it is necessary that the pupils/students are presented for the knowledge, they need, in the right time in the project work. It can be quite difficult if the teacher shall follow more than one group of pupils/students, which is normal the case.

There are of course also some disadvantages in the POPBL system. It can for the teacher seems that he/she has not time to present all the knowledge, which he/she means is necessary for the pupils/students. After some years as supervisor that problem has total disappeared, because you will very quickly find that the pupils/students have obtained much more knowledge, than most of them would have done in another way. Some pupils/students like to have “normal” lessons, because they say they need to work and be too engaged in the project work. It is more relaxing to receive lessons in the traditional way.

6. Conclusion

POPBL is an educational method which gives the possibility to let the pupils/students work in a way so they learn how to learn. The project shall be described so the aim and the goals are clear for the pupils/students. The core competences in the project period shall always be described as a part of the goal. In addition other competences can be described for the project target. The POPBL is a good way to motivate the pupils/students because working with a project, the pupils/students can fulfill as well the official goals of the project, but in addition they can fulfill their own goals.

Helppoja, hyödyllisiä ja halpoja demonstraatioita alakoulun kemian opetukseen

Pirjo Häkkinen & Jouni Välishaari
Opettajankoulutus, Kemian laitos, Jyväskylän yliopisto

Kemian opetuksen laatua kehitettäessä on välttämätöntä kiinnittää huomiota alakoulussa toteutettavaan kemian opetukseen. Kiinnostavaan ja lapsia motivoivaan luonnontieteen opetukseen sisältyy myös kokeellista työskentelyä. Kemian kokeellisuus yhdistettynä tutkivaan oppimiseen tarjoaa niin työssä oleville luokanopettajille kuin tuleville luokanopettajillakin hyvät eväät lisätä oppilaiden kiinnostusta kemiaa kohtaan. Luokanopettajien motivoinnilla on merkittävä osuus. Innostus tarttuu helposti opettajasta oppilaisiin. Samalla opettajan innostus ohjaa oppilaita muodostamaan aiheeseen liittyviä kysymyksiä.

Opettajan rooli on keskeinen kokeellisessa kemian opetuksessa. Opettaja ohjaa opetuskeskustelua, opastaa oppilaita kokeellisten luonnontieteiden käytäntöön ja tutustuttaa oppilaita luonnontieteen tiedonhankinnan prosessiin. Opettajan asiantuntijan rooli korostuu kokeellisessa työskentelyssä. Samanaikaisesti opettaja ohjaa ja valvoo oppilaitaan sekä auttaa heitä konstruoimaan tieteellisiä käsitteitä. Opettajan tulisi hallita opetettavan aineen sisällöt, omata pedagogisia taitoja ja kyetä vuorovaikutukseen luokkansa oppilaiden kanssa.

Kemian opetuksen päivillä 2010 pidetyssä työpajassa esiteltiin demonstraatioita, joita luokanopettajat voivat tehdä oppilaidensa kanssa 5. ja 6. luokkien kemian opetuksessa. Työpajan kohderyhmän muodostivat lähinnä alakoulun luokanopettajat ja luokanopettajaopiskelijat.

1. Johdanto

Kemian opetuksen kehittämisessä on kiinnitettävä huomiota alakoulussa toteutettavaan kemian opetukseen. Kiinnostavaan ja lapsia motivoivaan luonnontieteen opetukseen sisältyy myös kokeellista työskentelyä. Luonnontieteen tiedonhankintaa kokeellisuuden avulla opiskellaan jatkumona läpi koko suomalaisen kemian opetuksen: perusopetuksen ala- ja yläkouluissa, lukiossa, ammatillisessa koulutuksessa sekä korkeakouluissa. Sekä perusopetuksen että lukion opetussuunnitelmien perusteet korostavat kokeellisuuden merkitystä luonnontieteiden oppimisessa (Opetushallitus, 2003; Opetushallitus, 2004). Kemiaa onkin opittava kokeellisuuden avulla jo perusopetuksen alaluokilla. Luokanopettajille onkin tarjottava mahdollisuuksia oppia lisää kokeellisuudesta ja kemian sisältöjen oppimisesta kokeellisuuden avulla.

Kemian opetuksen päivillä 2010 pidetyssä työpajassa esiteltiin demonstraatioita, joita opettajat voivat tehdä 5.-6. -luokkien kemian oppitunneilla. Työpajan kohderyhmän muodostivat lähinnä alakoulun luokanopettajat ja luokanopettajaopiskelijat.

Työpajassa tehtäviksi töiksi valittiin nykyistä opetussuunnitelmaa myötäileviä demonstraatioita. Työt haluttiin valita niin, että niillä on yhteys oppilaan arkipäivään. Töiden avulla opettaja pystyy toteuttamaan tutkivaa oppimista ohjaamalla oppilaita hypoteesien, havaintojen, selitysten ja mallien muodostamiseen.

2. Kokeellinen työskentely kemian opetuksessa

Kokeellisuus liittyy keskeisenä teemana luonnontieteisiin ja luonnontieteiden oppimiseen. Luonnontieteen kokeellinen työskentely voidaan määritellä oppimiskokemukseksi, jossa oppilaat havainnoivat ja ymmärtävät ympäristöään vuorovaikutuksessa materiaalien ja mallien kanssa (Hofstein & Lunetta, 2004). Kokeellisessa opetuksessa on tärkeää kiinnittää huomiota siihen, miten toteutettava demonstraatio, oppilastyö tai tutkimustehtävä liittyy kokeen sitä kuvaavaan ilmiöön. Kokeellisuus ei voi olla irrallinen osa kemian tuntia, jota ei liitetä opiskeltavaan sisältöön.

Kokeellista työskentelyä pidetään monella tavalla hyödyllisenä kemian oppimisessa (Kipnis & Hofstein, 2007; Watson et al., 2004). Se avaa uuden näkökulman kemian oppimiseen. Kokeellisuuden työskentelyn avulla ymmärretään kemian sisältöjä sekä opitaan persoonaa kehittäviä ja sosiaalisia taitoja. Omatoiminen tekeminen mahdollistaa mielekkään oppimisen, auttaa käsitteenmuodostuksessa ja ohjaa ymmärtämään luonnontieteen ominaispiirteitä.

Laboratoriotyöt antavat oppilaalle mahdollisuuden tehdä havaintoja ja johtopäätöksiä oppikirjoissa ja tunneilla esitetyistä kemian ilmiöistä (Hofstein & Lunetta, 2004). Opiskeltavien sisältötietojen ymmärryksen lisäksi kokeellinen työskentely kehittää oppilaiden kriittisyyttä, kärsivällisyyttä ja sosiaalisia taitoja. Kokeelliset työt ja omatoiminen tekeminen kiinnostavat ja motivoivat oppilaita. He oppivat luonnontieteen työtapoja käytännössä. Oppilaat hyötyvät monin tavoin erilaisista kokeellisista työtavoista: tutkimustehtävistä, päättelytehtävistä ja ongelmanratkaisutehtävistä. Heidän ongelmanratkaisutaitonsa kehittyvät ja he saavat malleja luonnontieteellisestä tiedonhankinnasta ja päättelystä. Samalla he saavat tietoa luonnontieteen keksintöjen käytännön sovelluksista.

3. Opettajan rooli kokeellisessa työskentelyssä

Opettajan rooli muodostuu kokeellisessa kemian opetuksessa keskeiseksi. Hän ohjaa tilanteessa opetuskeskustelua ja opastaa oppilaita kokeellisten luonnontieteiden käytäntöön. Luonnontieteen tiedonhankinnan prosessi – havainnointi, havaintojen kuvailu, havaintojen kirjaaminen ja johtopäätösten tekeminen – tulee oppilaille tutuksi.

Opettajan tehtävä muuttuu kemian tunnilla siirryttäessä kokeellisuuden avulla tapahtuvaan oppimiseen. Hofsteinin & Lunettan (2004) mukaan opettajat ovat usein hämmentyneitä omasta roolistaan kokeellisuuden aikana. Heitä arveluttaa oman roolin muuttuminen ja myös oppilaiden mahdollinen reagointi lisääntyneeseen vastuuseen ja valinnanvapauteen. Opettajan haastava rooli asiantuntijana korostuu kokeellisen työskentelyn yhteydessä. Koululaboratoriossa opettaja toimii vaativassa roolissa: samanaikaisesti opettaja ohjaa ja valvoo oppilaitaan sekä auttaa heitä konstruoimaan tieteellisiä käsitteitä. Opetustyössä opettajalta vaaditaan moniosajan tietoja ja taitoja. Opettajan tulee hallita opetettavan aineen sisällöt, omata pedagogisia taitoja, kyetä vuorovaikutukseen luokkansa oppilaiden kanssa. Hänen on tehtävä tämä kaikki tiukassa opetussuunnitelman määrittämässä aikataulussa (Chin, 2007; Watson et al., 2004).

4. Tutkiva oppiminen

Tutkivassa oppimisessa oppiminen nähdään ongelmanratkaisuprosessina. Oppimisprosessi määritellään oppimisen ja tiedon konstruoinen välisenä vuorovaikutussuhteena. Uuden tiedon luominen koetaan samanlaiseksi prosessiksi kuin asian ymmärtäminen. Tämän vuoksi tutkivassa oppimisessa tavoitellaan oppijan tutkimusprosessia, minkä tuloksena syntyy uutta ymmärrystä (Hakkarainen et al., 2004).

Tutkivaa oppimista edesauttaa oppijoiden yhteinen toiminta, missä opettaja on keskeisenä osallistujana. Tietoa pyritään rakentamaan oppimisprosessin tuloksena, eikä sitä omaksuta suoraan oppikirjasta tai opettajalta. Oppilas muodostaa opettajan ohjauksessa omia käsityksiään tutkittavasta ilmiöstä.

Tutkivan oppimisen keskeisimpiä osatekijöitä ovat (1) opetuksen ankkuroiminen käsiteltävään ongelmaan, (2) tutkimusongelmien asettaminen, (3) opiskelijoiden omien työskentelyteorioiden luominen, (4) kriittinen arviointi ja (5) uuden syventävän tiedon hankkiminen (Seitamaa-Hakkarainen & Hakkarainen, 2010). Tutkivassa oppimisessa tavoitellaan metakognitiotaitojen kehittymistä, syväoppimista ja opitun tiedon soveltamista uusiin tilanteisiin. Keskeisiä elementtejä ovat myös oppilaan opiskelumotivaatio, aktiivisuus ja itseohjautuvuus (Bopegedera, 2007).

Ilman opettajan aktiivista ohjausta oppilaat onnistuvat vain harvoin saavuttamaan merkittävää edistystä oppimisprosessissa (Hakkarainen et al., 2004). Opettajan tehtävänä on ohjata oppilaita syvemmälle tutkittavien ilmiöiden ymmärtämisessä. Opettaja joutuu pohtimaan, millä tavalla hän pystyy ohjaamaan oppilaitaan paljastamatta heille suoraan oppimisen kohteena olevaa tietoa tai asiaa. Oppilaita rohkaistaan myös esittämään omia ajatuksiaan, näkemyksiään ja kehittelemään omia selityksiään. Tämän lisäksi opettaja kannustaa oppilaita arvioimaan ja antamaan rakentavaa palautetta toisten oppilaiden käsityksille.

5. Työpaja

Työpajassa esitetyissä töissä huomioitiin perusopetuksen opetussuunnitelman kemian sisällöistä käsitteet happamuus, kemialliset erotusmenetelmät ja korroosio.

Töiden avulla haluttiin tuoda esiin, että luonnontieteellisiä kokeita voidaan tehdä arkisilla ja yksinkertaisilla välineillä ja aineilla. Töiden valinnassa huomiota kiinnitettiin myös työturvallisuuteen ja töiden tekemisen edullisuuteen. Töillä on suora yhteys arkielämään, jolloin oppilaiden motivaatio kemiaa kohtaa kasvaa.

Tutkivan oppimisen menetelmää tuotiin esille alakoulun kemian opetuksen kontekstissa. Työpajan osallistajat pääsivät ohjatusti kokeilemaan valittuja laboratoriotöitä ja pohtimaan tekemisestä ja oppimisesta nousevia kysymyksiä.

Työpajassa toteutetut työt olivat: kananmunan kuoren ja väkiviinaetikan reaktio, elintarvikevärien erottaminen taululiidussa, happohyökkäyksen vaikutus suun happamuuteen, happohyökkäyksen havainnollistaminen marmorin avulla, miten saan

metalliesineeni näyttämään vanhalta? sekä miten saan vanhan metalliesineeni uudennäköiseksi?

Kananmunan kuoren ja väkiviinaetikan reaktio -demonstraatiossa tutkittiin pääosin kalsiumkarbonaatista koostuvan kuoren ja etikkahapon reaktiota. Työssä havaittiin kuplien muodostuminen kananmunan kuoren pintaan. Tämä on osoitus kemiallisesta reaktiosta, noin kahden vuorokauden aikana tapahtuvasta kananmunan kalsiumkarbonaattikuoren liukenemisestä. Tehty havainto aikaansai ihmettelyä ja johti keskusteluun liukenemisen käsitteestä ja aineen häviämättömyydestä.

Demonstraatiossa elintarvikevärien erottaminen taululiidussa käytettiin taululiitua eri elintarvikevärien kromatografiseen erottamiseen toisistaan. Parhaiten työ onnistuu käyttämällä vihreää elintarvikeväriä, jolloin sininen ja keltainen väriaine erottuvat liidussa. Työssä tulivat tutuksi kromatografia kemiallisena erotusmenetelmänä sekä seoksen ja puhtaan aineen käsitteet.

Happohyökkäyksen vaikutus suun happamuuteen -demonstraatiossa havainnollistettiin juomisen tai syömisen aikana suussa tapahtuvaa pH-arvon muutosta ja ksylitolipurukumin nauttimisen merkitystä suun pH-arvoon. Työssä todennettiin ksylitolimakeisten merkitys hampaiden hoidossa. Kemian sisällöistä esille nousi happamuus -käsite.

Happohyökkäyksen havainnollistaminen marmorin avulla -demonstraatiossa marmorin mallinsa hammasta. Työssä marmorikappaleen pintaan tiputetaan väkiviinaetikkaa ja havainnoidaan tapahtuvaa liukenemisreaktiota. Työssä nähtiin konkreettisesti mitä hampaan pinnalla oikeasti tapahtuu.

Korroosiota havainnollistavat demonstraatiot ”miten saan metalliesineeni näyttämään vanhalta?” sekä ”miten saan vanhan metalliesineeni uudennäköiseksi?” aloitettiin niiden pitkäkestoisuuden vuoksi työpajan alussa ja havainnot tuloksista tehtiin loppuvaiheessa. Molemmat työt demonstroivat korroosiota ja sen merkitystä metallipinnoille.

Työpajan osallistujat muodostivat ilmiötä kuvaavia kysymyksiä, minkä tarkoituksena oli harjaannuttaa osallistujia kysymysten esittämiseen kokeellisen työskentelyn yhteydessä. Kysymysten tarkoitus on ilmiön kuvaamisen lisäksi auttaa oppilasta havainnoimaan ja soveltamaan hankkimaansa tietoa käytännössä. Työpajassa pohdittiin myös käsiteltävien ilmiöiden kemian sisältöjä. Samalla pohdittiin alakoulun oppilaille sopivia havainnollistuksia ja tapoja kuvata kemiallisia ilmiöitä.

Hypoteesien muodostaminen koettiin tarpeelliseksi, jotta niiden tekeminen tulisi oppilaille tutuksi. Töihin liittyvien kysymysten avulla halutaan luoda mahdollisuus oppilaiden ja opettajan väliseen aitoon dialogiin, jossa oppilaat osallistuvat aktiivisesti.

6. Kokemuksia työpajoista

Työpaja pidettiin Kemian opetuksen päivillä 2010 kahteen kertaan. Osallistujia oli kummallakin kerralla hieman yli 10. Suurin osa osallistujista oli joko luokanopettajiksi opiskelevia tai työelämässä olevia luokanopettajia. Työpaja tehtiin parityöskentelynä ja osallistujat saivat mukaansa ”demolaatikon”, joka sisälsi demonstraatioiden työohjeet oppilaille esitettävien kysymyksien ja demonstraatioissa tarvittavat välineet.

Osallistujat olivat hyvin aktiivisia ja he esittivät erittäin aktiivisesti töihin liittyviä kysymyksiä. Vain harvoilla oli aikaisempia kokemuksia alakoulun kokeellisista töistä. Osallistujat mainitsivat käydyissä keskusteluissa työt antoisiksi ja arvokkaiksi juuri edellä mainitusta syystä.

Arkipäivän aineet toimivat osallistujien mielestä innostavana tekijänä kemian havainnollistamiseen ja opettamiseen. Töiden teko oli innostunutta ja uusia toteutustapoja tuli esille. Esimerkiksi ajan vaikutuksen huomioiminen hampaan reikiintymisessä oli eräs esimerkki erilaisesta toteutustavasta. Myös metallien korroosiodemojen kohdalla usea osallistuja muisti kuinka oma äiti/isoäiti oli käyttänyt vastaavaa menetelmää puhdistessaan kodin arvoesineitä. Ruostumisen kaikki kyllä tiesivät, mutta metalliesineen muuttuminen lyhyessä ajassa vanhannäköiseksi oli osallistujille vieras.

Lähteet

Bopegedera, A. M. R. P. (2007). An inquiry-based chemistry laboratory promoting student discovery of gas laws. *Journal of Chemical Education*, 84, 465-468.

Chin, C. (2007). Teacher questioning in science classrooms: Approaches that stimulate productive thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 815-843.

Hakkarainen, K., Lonka, K. & Lipponen, L. (2004). *Tutkiva oppiminen: Järki, tunteet ja kulttuuri oppimisen sytyttäjänä*. Porvoo: WSOY.

Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 28-54.

Kipnis, M. & Hofstein, A. (2008). The inquiry laboratory as a source for development of metacognitive skills. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6, 601-627.

Seitamaa-Hakkarainen, P. & Hakkarainen, K. (2010). Tutkiva oppiminen. http://mlab.taik.fi/polut/Yhteisollinen/teoria_tutkiva_oppiminen.html, luettu 26.5.2010.

Watson, J. R., Swain, J. R. L. & McRobbie, C. (2004). Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26, 25-45.

Tutkiva kemian opettaja: Kemian käsitteet ja ilmiöt opetuksessa (osa 2)

Maija Aksela, Kati Kolehmainen, Elina Rautapää, Jan Jansson, Markku Oksanen, Johannes Posti, Sanna Westerberg, Suvi Niemiaho, Linnea Töyrylä, Mikko Rajakylä, Jaana Saarni, Sanna Alhonen, Minna-Kaisa Knuutinen, Ilmo Teikari & Simo Tolvanen

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Kemian opettajan perustaitoihin kuuluu ymmärtää lapsen ja nuoren kemian käsitteisiin sekä ilmiöihin liittyvää ajattelua opetuksen suunnittelun pohjana. Käsitteenmuodostus on dynaaminen prosessi: lapsi ja nuori kasvaa käsitteiden ja ilmiöiden ymmärtämisessä ja soveltamisessa eri kehitysvaiheissaan. Artikkelissa termillä vaihtoehtoiset käsitykset tarkoitetaan lapsen tai nuoren eri vaiheissa muodostuneita käsityksiä, jotka poikkeavat vielä nykytieteen käsitteistä. Tämä artikkeli on jatkoa vuoden 2009 Kemian opetuksen päivien kirjassa ilmestyneelle osalle 1. Tässä artikkelissa esitellään kevään 2009 Kemian opetuksen keskeiset alueet II -kurssin tulevien opettajien haasteellisiksi kokemia kemian käsitteitä ja ilmiöitä aikaisemman tutkimustiedon pohjalta sekä niihin liittyviä käytännön aktiviteetteja. Niitä voidaan hyödyntää kemian opetuksessa eri asteilla.

1. Heikot sidokset lukio-opetuksessa

Kati Kolehmainen & Elina Rautapää

1.1 Johdanto

Molekyylien välisten vuorovaikutuksien ymmärtäminen on tärkeää, sillä niiden avulla selitetään useita aineen ominaisuuksia, kuten kiehumis- ja sulamispisteet sekä liukoisuus. Heikot sidokset (LOPS, 2003) ovat opetuksellisesti yksi haasteellisimmista kemian käsitteistä. Tutkimuksen mukaan oppilailla ilmenee useita erilaisia vaihtoehtoisia käsityksiä. Yksi käsitteenmuodostuksen tueksi sopiva työtapana on ongelmapohjainen oppiminen (PBL, Problem-based learning). Oppilaiden vaihtoehtoisia käsityksiä ja ongelmapohjaista oppimista käsitellään tässä artikkelissa.

1.2 Esiintyviä vaihtoehtoisia käsityksiä

Tutkimuksen mukaan oppilaat eivät osaa tehdä eroa molekyylien sisäisille ja ulkoisille vuorovaikutuksille. Oppikirjoissa puhutaan heikoista sidoksista sekä vahvoista sidoksista, mikä voi luoda oppilaalle käsityksen, jolla viitataan vain sidoksen voimakkuuteen. Usein oppilaat myös ajattelevat molekyylien välisten sidosten olevan vahvempia kuin molekyylin sisäisten sidosten (Goh et al., 1993) ja heikkojen sidosten ajatellaan johtavan reaktioihin.

Tutkimustuloksia löytyy myös siitä, etteivät oppilaat ymmärrä yhteyttä heikkojen sidosten ja fysikaalisten ominaisuuksien välillä (Peterson et al., 1989). Oppilaat ajattelevat myös heikkojen sidosten syntyvän vain kovalenttisten molekyylien parissa. (Tarhan et al., 2007) Muita heikkoihin sidoksiin liittyviä vaihtoehtoisia käsityksiä, jotka saattavat antaa oikean vastauksen joissain tapauksissa ovat:

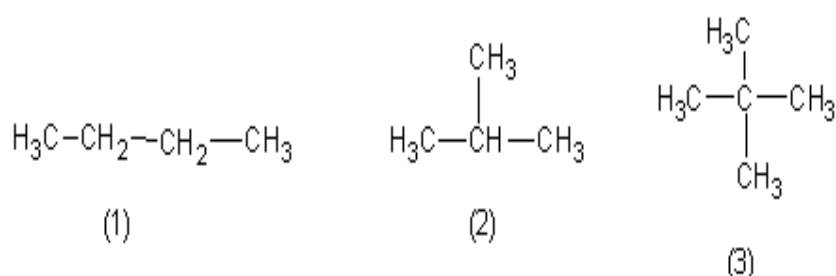
1. jotta syntyisi vetysidoksia, molekyylin tarvitsee vain sisältää vetyä ja happea (oikea vastaus etanolin kohdalla, mutta väärä dimetyylieetterin kohdalla)
2. vetysidoksia syntyy dipolien erimerkkisesti osittaisvarautuneiden päiden välille (väärä vastaus metyylifluoridin kohdalla, oikea ammoniakin kohdalla)

Saman tutkimuksen (Schmidt et al., 2009) mukaan oppilailla ei ole aivan tarkkaa käsitystä vetysidoksen luonteesta. He ajattelevat, että vetysidoksessa vetyatomit ovat suoraan sitoutuneet tiettyihin elektronegatiivisiin atomeihin, kuten N, O ja F. He eivät myöskään maininneet selityksissään, että vetyatomin on oltava sitoutuneena elektronegatiiviseen atomiin, jotta vetysidos voisi syntyä. Nämä käsitykset eivät anna seuraavassa kappaleessa kuvatuissa tehtävissä väärää vastauksia, mutta ne tulevat usein ilmi avoimemmissa selitystehtävissä.

1.3 Ongelmapohjainen oppiminen

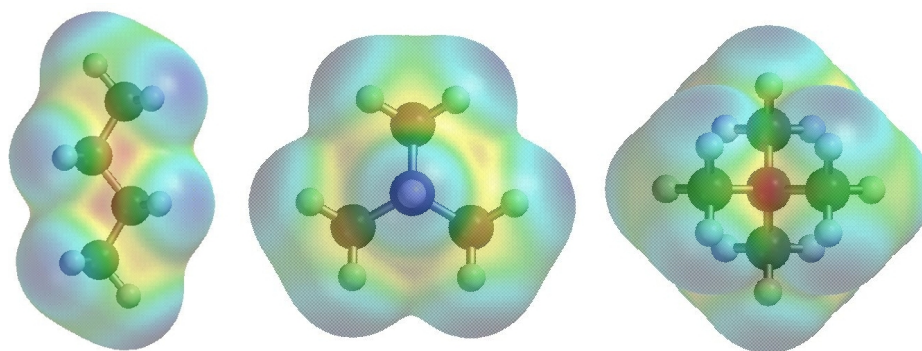
Oppilaat eivät näe usein heikkojen sidosten ja fysikaalisten ominaisuuksien välillä yhteyttä (Taber, 1998). Olemme suunnitelleet ongelmapohjaisia tehtäviä, jotka tuovat esille heikkojen sidosten ja fysikaalisten ominaisuuksien yhteyden. Tehtävät on muokattu tutkimuksesta, jonka avulla tutkittiin oppilaiden heikkojen sidosten ja kiehumispisteen yhteyttä (Schmidt et al., 2009). Seuraavassa on esitelty muutamia tehtäviä.

Millä seuraavista aineista on alhaisin kiehumispiste? Miksi?



Kuva 1. Tutkittavat orgaaniset yhdisteet.

Ongelman tutkimisen apuna voidaan käyttää molekyylimallinnusta, jolloin kyseiset molekyylit mallinnetaan jollain mallinnusohjelmalla (esim. Spartan) ja mallikuvien avulla mietitään ongelmaan vastauksia. Opettajan rooli on ohjata oppilaita huomaamaan yhteyksiä mallien ja havaintojen (kiehumispisteiden) välillä.



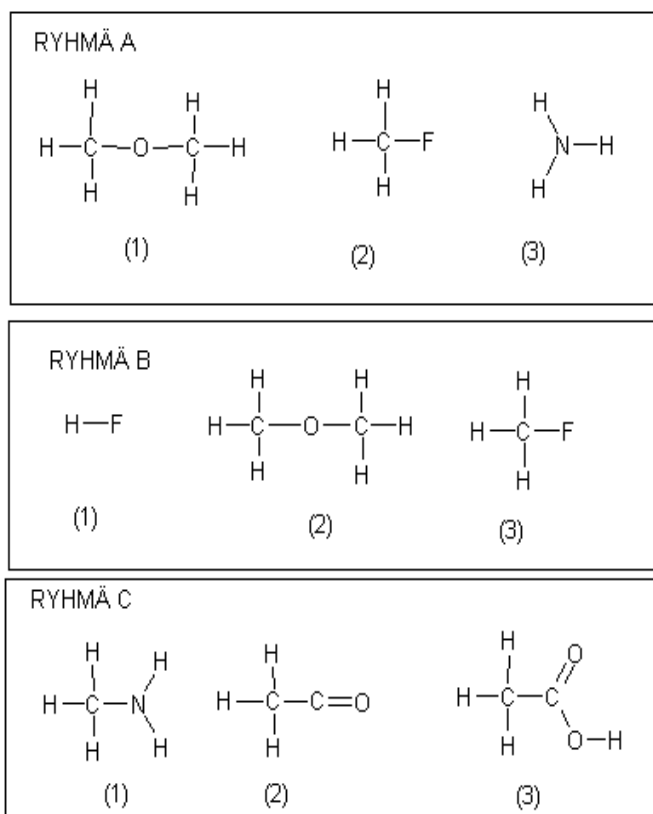
Kuva 2. Edellisen tehtävän molekyylit mallinnettuna Spartan-ohjelmalla.

Toisen ongelmapohjaisen tehtävän avulla johdatellaan oppilaat tutkimaan, millaisten yhdisteiden välille heikkoja sidoksia voi syntyä.

Valitse jokaisesta ryhmästä A-C yhdiste/yhdisteet,

joissa muodostuu vetysidoksia.

Miten määrittäisit vetysidoksen?



Kuva 3. Ongelmapohjainen tehtävä.

Ongelmapohjainen oppiminen asettaa opiskelijan aktiiviseen rooliin sekä vastuuseen oppimisesta. Sen avulla voidaan virittää opiskelijoiden kriittisen ajattelun taitoja niin tiedon haun kuin omien johtopäätösten luotettavuuden arvioinnissa.

Ongelmapohjaisen työntavan käytöstä on tutkimuksissa saatu hyviä tuloksia ja sen on huomattu parantavan opiskelijoiden tiedon rakentumista. Tuloksia on myös saatu heikkojen sidosten käsitteenmuodostuksen tukemisesta kyseisen työtavan avulla sekä sen on huomattu kehittävän opiskelijoiden sosiaalisia taitoja.

Opettajan rooli PBL -oppimisessa on kannustaa oppilaita keskustelemaan tehtävästä ja muodostamaan hypoteeseja. Opettaja johdattelee kysymysten avulla opiskelijoita keksimään tutkimuskysymyksiä sekä auttaa heitä suunnittelemaan, kuinka hypoteeseja testataan, jotta lopulta saadaan vastauksia muodostettuihin kysymyksiin. (Tarhan et al., 2007)

Lähteet

Goh, N. K., Khoo, L. E. & Chia, L. S. (1993). Some misconceptions in chemistry: A Cross-cultural comparison, and implications for teaching. *Australian Science Teachers Journal*, 39, 65-68.

LOPS. (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet*. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Peterson, R. & Treagust, D. F. (1989). Grade 12 students' misconceptions of covalent bonding and structure. *Journal of Chemical Education*, 66, 459-460.

Schmidt, H-J., Kaufmann, B. & Treagust, D. F. (2009). Students' understanding of boiling points and intermolecular forces. *Chemistry Education Research and Practice*, 10, 265-272.

Taber, K. S. (1998). An alternative conceptual framework from chemistry education. *International Journal of Science Education*, 20, 597-608.

Tarhan, L., Ayar-Kayali H., Urek R. & Acar, B. (2008). Problem-Based Learning in 9th Grade Chemistry Class: 'Intermolecular Forces'. *Research in Science Education*, 38, 285-300.

2. Historiallisen oppimateriaalin kehittäminen – aktivoitumisenergia ja katalyyssi lukiossa

Jan Jansson & Markku Oksanen

2.1 Johdanto

Aktivoitumisenergian ja katalyyysin ymmärtäminen on kehittynyt monessa vaiheessa kemiallisen kinetiikan mallien kehittyessä. Kemiallisen reaktion kinetiikan opetuksessa erilaiset kemialliset mallit käsitellään usein epäselvästi. Epäselvä käsittely estää näkemästä tieteellisen tiedon kehitystä ja tätä kautta estää ymmärtämästä tieteellisen tiedon luonnetta. Kehitetyssä oppimateriaalissa tieteen historiaa käytetään instrumentaalisesti aktivoitumisenergian ja katalyyysin periaatteiden paremman ymmärtämisen varmistamiseksi. Oppimateriaalin kehittämisestä saadut kokemukset ovat rohkaisevia ja korostavat huolellisen suunnittelun tärkeyttä historiallisisessa opetuksessa.

2.2 Lähtökohta historialliseen aktivoitumisenergian ja katalyyysin käsittelylle

Valitsimme kehitettävän oppimateriaalin painopistealueiksi kaksi ilmiötä. Ensimmäiseksi pyrimme selittämään, miksi kaikki kemialliset reaktiot eivät käynnisty itseksensä ja aina, vaan miksi joitakin kemiallisia reaktioita täytyy auttaa alkuun esimerkiksi lämmittämällä. Toiseksi perehdyimme siihen, miten voidaan selittää se, että jotkin kemialliset reaktiot nopeutuvat tietyn aineen läsnä ollessa merkittävästi jopa poikkeuksellisissa olosuhteissa kuten ruumiinlämmössä.

Perinteisesti kemian oppikirjoissa näitä ilmiöitä on selitetty aktivoitumisenergian ja katalyyysin käsittein, mutta näitä käsitteitä on edeltänyt erilaisia historiallisia malleja, joilla vastaavia kemialliseen kinetiikkaan liittyviä ilmiöitä on selitetty. Opetusmallissamme moderneja malleja lähestytään historiallisista lähtökohdista ja näin modernit mallit asettuvat osaksi historiallista jatkumoa.

2.2.1 Aktivoitumisenergia ja katalyyssi opetussuunnitelmassa

Aktivoitumisenergia ja katalyyssi ovat keskeisiä ilmiöitä opetussuunnitelmassa. Kemiallisiin reaktioihin liittyvää energiaa käsitellään lukiossa opetussuunnitelman mukaan (OPH, 2003) erityisesti kolmannella kurssilla ”Reaktiot ja energia”. Kurssin tavoitteisiin kuuluu, että opiskelija osaa ”tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen reaktioihin, reaktionopeuteen ja -mekanismeihin liittyviä ilmiöitä”.

Jotta opiskelija voi ymmärtää erilaisten mallien käytön kemiallisiin reaktioihin liittyvien ilmiöiden tutkimisessa, hänen on tärkeää muodostaa kuva siitä, mitä nämä mallit ovat. Lisäksi opetussuunnitelman perusteissa ilmoitetaan kurssin keskeisiksi sisällöiksi ymmärtää energianmuutokset kemiallisissa reaktioissa sekä reaktionopeus ja siihen vaikuttavat tekijät. Aktivoitumisenergia ja katalyyssi ovat keskeinen osa näitä ilmiöitä.

2.2.2 Historialähtöinen opetus ja luonnontieteen luonne

Historialähtöinen ja mallikeskeinen opetus palvelee monenlaisia opetuspäämääriä. Opetuksen tavoitteina ovat tällöin i) opetettavan tieteen sisällön ymmärtäminen ii) luonnontieteen luonteen ymmärryksen kehittyminen ja iii) erityisesti luonnontieteellisen tiedon ja mallien luonteen ymmärryksen kehittyminen. Seuraavassa kuvataan lyhyesti luonnontieteen luonnetta ja malleja keskittyen erityisesti käsillä olevan opetusjakson kannalta olennaisiin näkökulmiin.

Luonnontieteen luonteelle (nature of science, NOS) ei ole esitetty yhtä tyhjentävää selitystä. Jonkinasteinen yhteisymmärrys on siitä, että luonnontieteen luonteen ymmärtäminen on tärkeää modernissa, demokraattisessa yhteiskunnassa, jossa tiedettä on kaikkialla ja ihmiset joutuvat tekemään luonnontieteeseen liittyviä päätöksiä.

Vallitsee myös kohtuullinen konsensus siitä, minkälaisia asioita luonnontieteen luonteen piiriin kuuluu. Näitä ovat esimerkiksi, että 1) tieteellinen tieto on muuttuvaa 2) tieteellinen tieto pohjautuu mm. havainnoille ja kyseenalaistamiselle 3) tiede on yritys selittää luonnonilmiöitä 4) tiedemiehet ovat luovia ja olennainen osa tätä luovuutta on luovien työmetodien käyttö ja suhtautuminen teoriaan skeptisesti 5) tieteen historia paljastaa sen kehittyvän luonteen ja 6) yhteiskunta, teknologia ja tiede vaikuttavat toisiinsa. (McComas & Almazroa, 1998)

2.2.3 Mallit kemiassa ja kemian opetuksessa

Mallit ovat luonnontieteessä sekä keino selittää ilmiöitä, että tuottaa uutta luonnontieteellistä tietoa. Ne ymmärretään usein linkiksi teorian ja koetun maailman välille. Mallit ovat jotain tiettyä tarkoitusta varten tuotettuja esityksiä ilmiöstä. Henkilöllä voi olla mentaalimalli jostakin ilmiöstä ja sen ilmaiseminen kuvana tai sanallisesti tuottaa ilmaistun mallin. Ilmaistu malli, jota pidetään tieteellisesti pätevänä, on konsensusmalli, mutta syrjäytetty tieteellinen malli on historiallinen malli. Kouluopetus keskittyy käsittelemään historiallisia malleja. (Justi & Gilbert, 2000)

Mallien ymmärtäminen on haasteellista. On erilaisia viitteitä mallien ymmärtämisen piirteistä, mutta pääasiallisesti oppilaat ajattelevat malleja tarkkoina kopioina todellisuudesta. Tämä hämärtää mallintajan vaikutusta mallin muodostumiseen ja estää näkemästä mallin merkitystä yrityksenä välittää jokin idea ilmiön tulkinnasta. (Treagust et al., 2002)

Tieteen mallien kehittymisen tarkastelu auttaa paremmin ymmärtämään tieteen filosofiaa ja historiaa (history and philosophy of science, HPS). Tutustumalla tieteen mallien kehittymiseen voidaan paremmin nähdä luonnontiede ihmisen pyrkimyksenä ymmärtää luontoa ja nähdä mallit ihmisen toiminnasta syntyvänä tuotteena. (Justi & Gilbert, 1999) Mallit ja mallintaminen voisivat olla hyvä keino syventää oppilaiden ymmärrystä esimerkiksi siitä, miten tieteellinen tieto kehittyy ja minkälaisessa vuorovaikutuksessa tiede ja sen historiallinen, filosofinen ja teknologinen konteksti ovat. (Justi & Gilbert, 2000)

Mallien vääränlainen käyttö opetuksessa saattaa vaikeuttaa luonnontieteen ymmärtämistä. Erduran (2001) on kerännyt yhteen aiemman kirjallisuuden pohjalta syitä mallien ymmärtämisen vaikeudelle ja monet niistä johtuvat opetuksesta. Mallien ymmärtämistä vaikeuttaa esimerkiksi se, että mallit esitetään usein valmiina ja muuttumattomina. Erduran nostaa myös esille huolensa mallien vähättelystä. Monesti kemiallisten mallien ajatellaan olevan palautettavissa kvanttimekaniikkaan ja kvanttimekaniikkaa ajatellaan usein täydellisenä kuvauksena todellisuudesta pikemminkin kuin yhtenä mallina. Justi ja Gilbert (2000) ovat oppikirjojen analysoinnissa huomanneet, että suuri osa kirjoista käyttää kemiallisen kinetiikan opetuksessa hybridimalleja, jotka yhdistävät useiden historiallisten mallien piirteitä ja hämärtävät näin rajaa mallien välillä.

2.2.4 Historialähtöinen kemian opetus

Rudge ja Howe (2009) ovat hahmotelleet luonnontieteen historiataustan käyttöä opetuksessa. Heidän mukaansa ei ole oleellista seurata tarkasti historian kulkua, vaan poimia historiasta sellaisia esimerkkejä, jotka ovat samankaltaisia oppilaiden ajattelun kanssa. Tyypillisesti oppilaiden ennakkokäsitykset erilaisista tieteen käsitteistä ja ilmiöistä muistuttavat tieteen piirissä ennen moderneja malleja vallinneita käsityksiä. Justi ja Gilbert (1999) korostavat, että käytettäessä historiallisia malleja opetuksen lähtökohtana on tärkeää esittää selvästi oppilaille mallien vaihtumisen syyt. He ovat analysoineet historiallisia malleja liittyen kinetiikkaan kemiassa (Justi & Gilbert, 1999) ja atomimalleihin (Justi & Gilbert, 2000) ja pitävät tärkeänä mallien huolellista analysointia ennen niiden käyttöä opetuksessa.

Rudge ja Howe (2009) kuvaavat käsitystään hyvästä historian käytöstä opetuksessa instrumentaaliseksi. Historiaa ei opeteta historian itsensä vuoksi vaan sitä käytetään työkaluna muiden opetuksen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tässä lähestymistavassa historiallisesta kehityskulusta valitaan olennaisia pisteitä, joihin oppilaiden on mahdollista samaistua ja suorittaa samankaltaista (vaikkei välttämättä samaa) ajattelua kuin historiassa tiedemiehet ovat tehneet. Heidän opetusmallissaan oppitunti alkaa historialliseen kontekstiin tutustuttamisella ja tunnilla käsiteltävän datan esittelyllä. Sitten oppilaat haastetaan esittämään selityksiä eli muodostamaan malleja havaituille ilmiöille. Lisäksi tunneilla käsitellään eksplisiittisesti luonnontieteen luonnetta.

2.3 Kokemuksia historialähtöisen materiaalin kehittämisestä

Oppimateriaalin kehittämisen pohjana toimi artikkeli kemiallisen kinetiikan mallien kehittymisestä (Justi & Gilbert, 1999). Nopeasti kävi kuitenkin ilmi, ettei yksi tiivistetty artikkeli ole riittävä välittämään oppimateriaalin kehittämiseen riittävällä tavalla eri mallien välisiä eroja ja historiallista kontekstia, jossa mallit ovat syntyneet. Mallien piirteiden selvittämiseksi perehdyimme muuhun kirjallisuuteen, jossa kemian historiallisia malleja on eritelty. Ansiokkaita kemian historian tutkijoita on useita, mutta havaitsimme, että esityksiä ei ole suunniteltu opetuksen tarpeita ajatellen. Teksteissä saatetaan esimerkiksi keskittyä henkilöiden esittelyyn, mistä saa opetusmateriaalia elävöittäviä anekdootteja mutta mikä ei tarjoa tietoa mallien kehittymisestä. Teksteissä usein tieteellisen tiedon kehittyminen esitetään irrallaan yhteiskunnallisesta kontekstista ja lisäksi kemiallisia yksityiskohtia ei käsitellä riittävän tarkasti. Tieteellisen tiedon

kehittyminen saatetaan myös esittää nousuna kohti tarkempaa kuvaa totuudesta eikä uuden tutkimuksen motivaationa toiminutta edellisen mallin rajallisuutta käsitellä selvästi.

Alkuperäisten historiallisten lähteiden käyttö on myös tärkeää. Erityisen haastavaa historiallisten lähteiden tulkinnassa on terminologian sekavuus. Aktivoitumisenergiaa kutsutaan toisinaan energiavalliksi ja energiavalli kuvataan varsin eri tavalla kuin aktivoitumisenergia nykyään käsitetään. Joskus on vaikea tietää, mikä uusi tieto on ollut taustalla, kun vanhaa ilmiötä on alettu kutsumaan uudella sanalla. Erityisesti aikalaisteksteissä, jotka on kirjoitettu, kun ilmiö on vasta keksitty tai sitä on alettu ymmärtää paremmin, terminologia voi olla harhaanjohtavaa ja poiketa merkittävästi modernista sanastosta.

Kemian historiaa käsittelevistä lähteistä kävi ilmi, että tutkimuksen pääpainopisteenä aikana, jolloin opetusmateriaalimme käsittelemät ilmiöt on kehitetty, ei ole ollut aktivoitumisenergia eikä katalyyysi. Ilmeisesti ymmärrys näiden kehittymisestä on syntynyt reaktionopeuden tutkimisen yhteydessä ja erityisesti reaktiotasapainon käsittelyn yhteydessä (esim. Laidler, 1985; Laidler & King, 1983). Koska opetussuunnitelma (OPH, 2003) ohjaa tarkastelemaan reaktiotasapainoa vasta lukion viidennellä kurssilla ja aktivoitumisenergiaa jo kolmannella kurssilla, historiallista kehitystä piti tarkastella valikoiden. Historiallisesta kehityksestä piti korostaa aktivoitumisenergian käsittelyä ja häivyttää reaktiotasapainon ymmärtämisessä tapahtunutta kehitystä. Toisaalta tämä johtaa myös siihen, että suoritettun tutkimuksen motiivi ja konteksti peittyi.

Havaitsimme myös kemian historiaa tutkiessamme, että kaikki kemialliset mallit historiassa eivät ole mielekkäitä tai edes nykynäkemyksen valossa kovin kemiallisia. Hyvä usein esillä ollut esimerkki on Demokritoksen atomimalli tai Aristoteleen käsitys neljästä alkuaineesta. Kemiallisen kinetiikan yhteydessä on ollut esillä affiniteettimalleja, joissa eri partikkelien keskinäinen selittämätön kyky muodostaa uusia partikkeleita on selitys kemiallisille reaktioille (Justi & Gilbert, 1999). Mallissa ei ole mitään kytkentää sähköstatiikkaan eikä tämä malli siksi tue modernien mallien oppimista tai opeta oppilaille mitään muuta kuin historiaa. Kemian sisältöjen välittämiseksi oli siis mielekästä keskittyä sopivampiin uudempiin malleihin ja käsitellä aiemmat käsitykset hyvin kevyesti.

Kemian historia ei myöskään ole suoraviivaista eikä tiedon kehittyminen kulje yhtä viivaa pitkin. Historiallisissa lähteissä ja moderneissa historian tutkimuksissakin mutkia on saatettu oikoa ja erehdyksiä, virheellisiä malleja ja edestakaisin kulkenutta tutkimusta on saatettu jättää pois esityksestä epäkiinnostavana. Tämä on mahdollisesti tarpeen myös opetusmateriaalia kehitettäessä. Pitää kuitenkin muistaa, että historialähtöisen opetuksen yksi päämäärä on välittää oppilaille kuvaa tieteen luonteesta ja liiallinen yksinkertaistaminen luo kuvan tieteestä, joka on erehtymätön ja etenee aina vääjäämättä suoraviivaisesti kohti totuutta.

2.4 Ohjeita historiallähtöisen oppimateriaalin kehittämiseen

Historiallähtöisen opetusmateriaalin käyttö voi elävöittää opetusta ja tuoda opetukseen mukaan kemian sisältöjen lisäksi myös luonnontieteen luonteen ja luonnontieteellisen tiedon luonteen opetusta. Näiden yhtäaikainen käsittely ei välttämättä vie sen enempää aikaa kuin aiheen käsittely teoreettisesti. Parhaimmassa tapauksessa historiallinen käsittely voi tarjota oppilaalle mielekkään käsitteenmuodostumisreitit, joka lähtee oppilaan omista käsityksistä ja näyttää oppilaalle, mitä reittiä hänen omat käsityksensä voivat kehittyä tieteellisten mallien mukaiseksi. Historiallähtöisen opetusmateriaalin valmistaminen vaatii kuitenkin runsaasti valmistelua. Toisaalta kerran valmistettua materiaalia voi hyödyntää yhä uudelleen eikä historiallinen tieto vanhene, mikä poikkeaa esimerkiksi uusien teknisten innovaatioiden käsittelyyn tai ajankohtaiseen kontekstiin perustuvasta oppimateriaalista.

Historiallähtöisen oppimateriaalin valmistamisessa itse kannattaa meidän kokemuksiimme mukaan lähteä liikkeelle käsiteltävän aiheen teoriataustan selvittämisestä itselle. Oppikirjan sisältämien mallien omaksuminen ja niiden taustojen omaksuminen esimerkiksi yliopistotason oppikirjoista auttaa hahmottamaan minkälaisen ilmiön kanssa ollaan tekemisissä. Toisaalta tällaisessa taustateorian kartoittamisessa Wikipedian (www.wikipedia.org) artikkeleitakaan ei kannata väheksyä. Englanninkieliset luonnontieteiden alan artikkelit ovat usein oikean suuntaisia ja laajoja. Lisäksi esimerkiksi IUPAC Gold book internetissä (goldbook.iupac.org) sisältää viralliset määritelmät erilaisille käsitteille. Näissä yhteyksissä on usein esitetty historiatausta, joka on kuitenkin liian yksinkertaistettu.

Tämän jälkeen seuraa hankalin vaihe, joka on tiedon keruu historiallisista kehityskuluista. Tässä kohtaa voi olla hyvä aloittaa yleistajuisista artikkeleista kuten Nobel-palkittujen tutkijoiden lyhyistä elämäkertoista (nobelprize.org) tai yleisistä kemian historian esittelyistä internetissä, joissa mainitaan tärkeät nimet, vuodet ja muut samaan aikaan tutkitut aiheet. Tämän jälkeen voi yrittää etsiä tarkempaa tietoa näiden henkilöiden ja näiden aiheiden ympärillä tapahtuneesta tutkimuksesta artikkeleista tai kemian historiaa käsittelevistä kirjoista, joissa eritellään historiaa tarkemmin. Myös aikalaisartikkeleissa on usein ansiokkaasti summattu siihenastista tutkimusta.

Tiedon etsinnässä kannattaa muistaa rajaaminen opetuksessa käsiteltävään aiheeseen. Kaikki kemian tutkimuskohteet tuntuvat olevan kytköksissä johonkin toiseen kohteeseen. Materiaalin rajat pitää kuitenkin vetää johonkin. Erityistä huomiota kannattaa kiinnittää mallien vaihtumisen aiheuttaneisiin piirteisiin historiassa kuten edellisen mallin kyvyttömyyteen selittää jotakin ilmiötä tai syntyneeseen tarpeeseen tutkia jotakin ilmiötä, mikä luo historiallisen kontekstin tutkimukselle ja toisaalta selventää oppilaalle, mihin malli pystyy ja mihin ei. Pitää myös muistaa, että lopullisen oppimateriaalin valmistamisessa tarkoituksena on välittää kemian sisältöjä koskevaa tietoa ja keskittyä opetuksen tavoitteisiin. Anekdootit ja elämäkerrat elävöittävät tekstiä ja voivat esimerkiksi havainnollistaa tutkijoiden välistä yhteistyötä ja tiedeyhteisön toimintaa, mutta voi olla turhaa kuormitusta välittää oppilaille tietoa kemian tutkijan avioelämästä.

Historiallähtöisen opetuksen oppimateriaali mielletään helposti lähdeaineistoksi, josta esitettyihin kysymyksiin oppilaat vastaavat kuten liitteenä olevassa opetusmateriaalin ensimmäisessä versiossa. Kysymysten pitäisi tällöin olla kysymyksiä, jotka auttavat

ymmärtämään opiskeltavaa kemian ilmiötä sen sijaan, että ne testaavat, onko oppilas lukenut tekstin.

Toisenlaisetkin lähestymistavat ovat kuitenkin mahdollisia. Historialähtöinen oppimateriaali voi olla peli, mallintamistuokio tai opettajan pitämä diaesitys, jonka aikana oppilaat toistavat historiallisia kokeita tai jäljittelevät niitä.

Yksi esimerkki historialähtöisestä kemian oppimateriaalista yläkouluun, joka yhdistää kokeellista työtä ja historiallisen kehityskulun, on Minna-Liisa Rantaniemen pro gradu – tutkielma Historiallinen lähestymistapa sähkökemian opetuksessa: Tutkiva oppiminen työtapana. Siinä yhdistetään kokeellinen työ historialliseen kehityskulkuun. Edellämäinnittuun tutkielmaan voi tutustua osoitteessa www.helsinki.fi/kemia/opettaja.

Historialähtöisyys on yksi lähestymistapa aiheeseen ja se jättää jokaisen opettajan omalle luovuudelle vielä paljon tilaa.

Lähteet

Erduran, S. (2001). Philosophy of Chemistry: An Emerging Field with Implications for Chemistry Education. *Science & Education*, 10, 581-593.

Justi, R. & Gilbert, J. K. (1999). History and philosophy of science through models: the case of chemical kinetics. *Science and education*, 8, 287-307.

Justi, R. & Gilbert, J. K. (2000). History and philosophy of science through models: some challenges in the case of ‘the atom’. *International journal of science education*, 22(9), 993-1009.

Laidler, K. J. (1985). Chemical kinetics and the origins of physical chemistry. *Archive for history of exact sciences*, 32(1), 43-75.

Laidler, K. J. & King, M. C. (1983). The development of transition state theory. *Journal of physical chemistry*, 87, 2657-2664.

McComas, W. F. & Almazroa, H. (1998). The nature of science in science education: an introduction. *Science & Education*, 7, 511-532.

Opetushallitus. (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Rantaniemi, M-L. (2010). Historiallinen lähestymistapa sähkökemian opetuksessa: Tutkiva oppiminen työtapana. Pro gradu –tutkielma, Helsingin yliopisto, kemian laitos, kemian opettajankoulutusyksikkö.

Rudge, D. W. & Howe, E. M. (2009) An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. *Science & Education*, 18, 561-580.

Treagust, D. F., Chittleborough, G. & Mamiala, T. L. (2002). Students’ understanding of the role of scientific models in learning science. *International journal of science education*, 24(4), 357-368.

Liite 1: Fysikaalisen kemian historiaa

Jan Jansson & Markku Oksanen

Vähitellen 1800-luvulle tultaessa kemistit, kuten saksalainen Wilhelmy (1812-1864) alkoivat kehittämään kemiallisen reaktion kvantitatiivista tarkastelua. Wilhelmy tutki sokerin inversion nopeutta eli sitä miten nopeasti sokeri hajoaa fruktoosiksi ja glukoosiksi. Myös Regnault tutki sokerin inversiota ja happokatalyytin konsentraation vaikutusta reaktion nopeuteen. Varsinainen harppaus tässä kehityksessä otettiin vuosisadan puolivälin tienoilla, kun englantilaiset kemisti Harcourt (1834-1919) ja matemaatikko Esson hahmottelivat ensimmäiset reaktionopeutta kuvaavat differentiaaliyhtälöt. Nk. mekanistisella kaudella (1850 –eteenpäin) saksalainen Ostwald (1853-1932) tutki katalyyysiä ja ehdotti kokeidensa perusteella, että katalyytti nopeuttaa reaktiota mahdollistamalla vaihtoehtoisen reaktiopolun.

Termodynaaminen malli (1800-1900 lukujen vaihde)

Termodynaamisen mallin myötä ehdotettiin, että kemiallinen reaktio tapahtuu, kun atomien törmäyksellä on riittävän suuri energia eli atomeilla on tarpeeksi suuri nopeus ja massa. Keskeisin kemisti aikakaudella oli hollantilainen Van't Hoff. Hän esitti reaktionopeuden riippuvuuden lämpötilasta. Hän uskoi, ettei lämpö sinänsä aiheuta reaktiota, mutta kasvattaa reaktionopeutta. Ruotsalainen Arrhenius taas päätteli, ettei kasvanut reaktionopeus johdu lämpötilan myötä kasvaneesta atomien törmäystiheydestä. Hän otti käyttöön energiavallin käsitteen, joka tarkoittaa sitä minimienergiaa, jonka yksittäinen hiukkanen tarvitsee reagoidakseen. Van't Hoff oli kemisti, joka hahmotteli ensimmäisen mallin nk. Arrheniuksen yhtälölle, jolla voidaan laskea reaktionopeus.

Yksi tämän mallin kehittäjistä oli myös amerikkalainen fyysikko, matemaatikko ja kemisti Gibbs (1839-1903), joka keksi Gibbsin energian eli vapaan energian. Tätä käsitettä hyödyntämällä voidaan päätellä suotuisuus reaktion tapahtumiselle tai reaktiotuotteiden määrien suhteet lopputuotteissa.

Maxwell-Bolzmannin jakauma ja reaktion kulun tarkempi mallinnus auttoivat kehittämään kemiallisen reaktion matemaattista määritelmää. Myös katalyytin määritelmä tarkentui edellisestä mallista. Sen sanottiin alentavan aktivoitumisenergiaa.

Mallissa oli puutteita. Se ei selittänyt, miten hiukkaset saivat tarpeellisen aktivoitumisenergian tai miksi aktivoitumisenergia alenee katalyyssissä. Toisaalta ei ollut mahdollista määrittää tarkkoja aktivoitumis-energia-arvoja, koska Arrheniuksen yhtälö ei tuottanut tarkkoja arvoja helpoimmillekaan reaktioille. Tarvittiin lisää tutkimusta.

Kineettinen malli (1900 -luvun alku)

Kaasumaisten aineiden molekyylien tutkimisesta päästiin hahmottamaan ns. ‘spatiaalisen orientaation’ merkitystä kemialliselle reaktiolle. Havaittiin, että paitsi energia, myös törmäyskulma on oleellinen asia reaktiossa. Arrheniuksen yhtälöön liitettiin saksalaisen Trautzin ja W. Lewisin toimesta ‘avaruudellinen tekijä’ yhtenä muuttujista. Malli siirsi kemiallisen reaktion tutkimusta kohti laadullista suuntaa ja molekyylien tason ajattelua. Kineettisen mallin kanssa samanaikaisesti eräät tutkijat kehittivät

TILASTOLLISEN MEKANIIKAN MALLIN,

joka taas oli hyvin matemaattinen. Tärkeitä mallin kehittäjiä oli ranskalainen Marcelin, joka kuitenkin kuoli ensimmäisen maailmansodan alkupäivinä. Marcelin ehdotti, että kemiallinen reaktio ymmärrettäisiin pisteen liikkeenä avaruudessa, jonka koordinaatteja ovat molekyylien välinen etäisyys ja niiden liikemomentit. Hänen työtään laajensi Rice, joka muotoili 1915 nopeusvakiolle täsmällisen kaavan. Hän tutki kemiallisen reaktion etenemistä reaktiokoordinaattia (käytännössä atomien keskinäisiä sijainteja) pitkin, jolloin yhtenä koordinaattina on potentiaalienergia. Tällaisten n -ulotteisten avaruuksien tutkiminen on erittäin haastavaa matemaattisesti, mutta tuottaa hyviä ennusteita.

Tilastollisen mekaniikan malli pohjautuu hiukkasten nopeuksien tilastollisiin jakaumiin, ja niistä laskettuihin todennäköisyyksiin reaktion tapahtumiselle. ‘Aktivoidut kompleksit’ ovat hiukkasia siirtymätilassa, reaktion tapahtuessa. Aktivoitumisenergia määrittyi tarkemmin hiukkasten keskimääräisen energian ja aktivoituneen tilan energian väliseksi erotukseksi. Vaikka tämä malli olikin aimo harppaus eteenpäin kemiallisen reaktion tutkimuksessa, se ei silti ollut kokonaisvaltainen, vaan keskittyi pelkästään laskennalliseen lähestymistapaan.

Siirtymätilamalli (1935-)

Tämä malli integroi kaikki kolme aiempaa yhteen. Matemaattisesti mallissa ei ole mitään uutta, mutta termodynamiikan ja kinetiikan suhde reaktiossa sai uuden ulottuvuuden. Täsmällisten reaktionopeuksien laskeminen ei ollut helppo tehtävä potentiaalienergiapinnoille, jotka itse asiassa ovat n -ulotteisia avaruuksia. 1935 yhdysvaltalainen Henry Eyring (1901-1981) kuitenkin esitteli uudet nopeusvakioiden yhtälöt. Mallia kehittivät samaan aikaan mm. unkarilainen Polanyi (1891-1976) ja englantilainen Evans, jotka työskentelivät Englannissa.

Tärkeitä kemistejä fysikaalisen kemian historiassa



Kuva 1. Friedrich Wilhelm Ostwald.

((1853-1932) Ostwald oli aikanaan poikkeuksellinen kemisti, koska hänen tutkimuksensa keskittyi fysikaaliseen kemiaan ja erityisesti katalyysiin. Hänen aikalaisensa jopa esittivät, ettei hän ole oikea kemisti, koska ei ole keksinyt yhtään uutta yhdistettä, jota tuolloin pidettiin kemistiyden mittana. Ostwald oli mielellään voimakkaasti jotakin mieltä ja toisinaan hän oli väärässäkin. Vielä 1904, sata vuotta Daltonin atomiteorian esittämisen jälkeen, Ostwald piti atomiteoriaa hyödyttömänä ja epätodennäköisenä oletuksena.



Kuva 2. Jacobus Henricus Van't Hoff.

(1852-1911) Van't Hoffin tiedetään sanoneen, että ”kuuluisa nimi on sillä tavalla outo, että aikaa myöten se tulee merkityksettömämmäksi ja erityisesti luonnontieteissä jokainen uusi löytö väistämättä peittää aiempia tuloksia”. Esimerkiksi Arrheniuksen yhtälön on ensimmäisenä esittänyt Van't Hoff, mutta Van't Hoff ei edes kommentoidessaan Arrheniuksen kirjoituksia tuonut omaa osuuttaan esille niissä. Van't Hoffin kirjoittama oppikirja *Etudes de dynamique chimique* oli merkittävä teos, mutta valtaosa tuon ajan kemisteistä ei ymmärtänyt sen merkitystä, koska yleensä kemistit eivät tuolloin olleet kovin hyviä matematiikassa.



Kuva 3. Svante Arrhenius.

(1859-1927) Ruotsalainen Arrhenius tunnetaan mm. happojen ja emästen malleistaan. Hän teki tohtorinväitöskirjansa elektrolyyttisestä sähkönjohtumisesta, mutta sai siitä huonon arvostelun yliopistonsa professoreilta, jotka eivät osanneet arvostaa modernia fysikaaliskemiallista tutkimus-aluetta. Ostwald sen sijaan arvosti tutkimuksen tuloksia niin paljon, että matkusti Ruotsiin keskustelemaan niistä. Arrhenius puolestaan oli yksi niistä, jotka ymmärsivät Van't Hoffin Etudes-kirjan merkityksen. Arrhenius kirjoitti siitä arvostelun ja lähetti sen Van't Hoffille, jonka vaimo käänsi artikkelin sanakirjan avulla. Tästä alkanut yhteydenpito auttoi molempia miehiä viemään tutkimustaan eteenpäin.

Kysymyksiä tekstistä

- Milloin katalyyysi-ilmiö on keksitty?
- Mitä uutta termodynaaminen malli toi katalyyysin ymmärtämiseen?
- Miten reaktionopeuden ymmärtäminen parani kineettisen mallin yhteydessä?
- Milloin aktivoitumisenergioita alettiin ensimmäisen kerran laskea?
- Mitä uutta tilastollinen mekaniikka toi aktivoitumisenergian ymmärtämiseen?

Lähteet

Justi, R. & Gilbert, J. K. (1999). History and philosophy of science through models: the case of chemical kinetics. *Science and Education*, 8, 287-307.

Laidler, K. J. (1985). Chemical kinetics and the origins of physical chemistry. *Archive for history of exact sciences*, 32(1), 43-75.

Laidler, K. J. & King, M. C. (1983). The development of transition state theory. *Journal of physical chemistry*, 87, 2657-2664.

Kuvat: Wikimedia Commons.

Lisätietoa

- Nobel-palkinnon saaneiden Ostwaldin, Van't Hoffin ja Arrheniuksen henkilökuvat ja Nobel-luennot osoitteessa http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/.
- Katso myös Wikipedian artikkelit henkilöistä.

3. Isomeria kemian opetuksessa sekä molekyylimallinnusta hyödyntävä lähestymistapa

Johannes Posti & Sanna Westerberg

3.1 Johdanto

Isomeria on yksi orgaanisen kemian avainkäsitteistä, jossa tarkastellaan kemiallisia rakenteita. Isomeriaa käsitellään kemian opetuksessa niin peruskoulussa kuin toisen asteen koulutuksessa. Tässä artikkelissa käsitellään isomerian opetuksen liittyviä haasteita ja oppilaiden vaihtoehtoisia käsityksiä isomeriasta. Lisäksi kuvaillaan keinoja, joilla vaihtoehtoisia käsityksiä voidaan ennaltaehkäistä ja tukea käsitteenmuodostusta. Isomerian kokonaisuuden omaksumisessa oppilas kohtaa monia haasteita, joita voidaan helpottaa erilaisten työtapojen avulla. Artikkelissa tuodaan esiin isomerian opetuksen erilaisia toteuttamisvaihtoehtoja.

Oppilaan oppikirjoista saatavaa tekstiä voidaan tukea havainnollistavin keinoin. Näistä tavoista tässä artikkelissa keskitytään pääasiassa molekyylimallinnukseen sen tutkimustiedolla todistetun tehokkaan oppimisen tukemisen takia. Molekyylimallinnuksessa yhdistyy sekä visuaalinen että tekemisen kautta oppiminen. Isomeerejä voidaan esittää ja mallintaa sekä perinteisin pallo-tikku -mallein että tietokoneavusteisilla molekyylimallinnusohjelmilla. Vaihtoehtoisia käsityksiä voidaan vähentää parhaiten yhdistämällä kolmiulotteinen käsittelytapa perinteisen rakennekaavan kanssa. Opetus saadaan näin monipuoliseksi ja oppilaita motivoivaksi sekä mielekkääksi. Tässä artikkelissa esitellään muutamia isomerian käsitteenmuodostusta tukevia työtapoja, ja erityisesti tietokoneavusteista molekyylimallinnusta isomerian opetukseen liittyen.

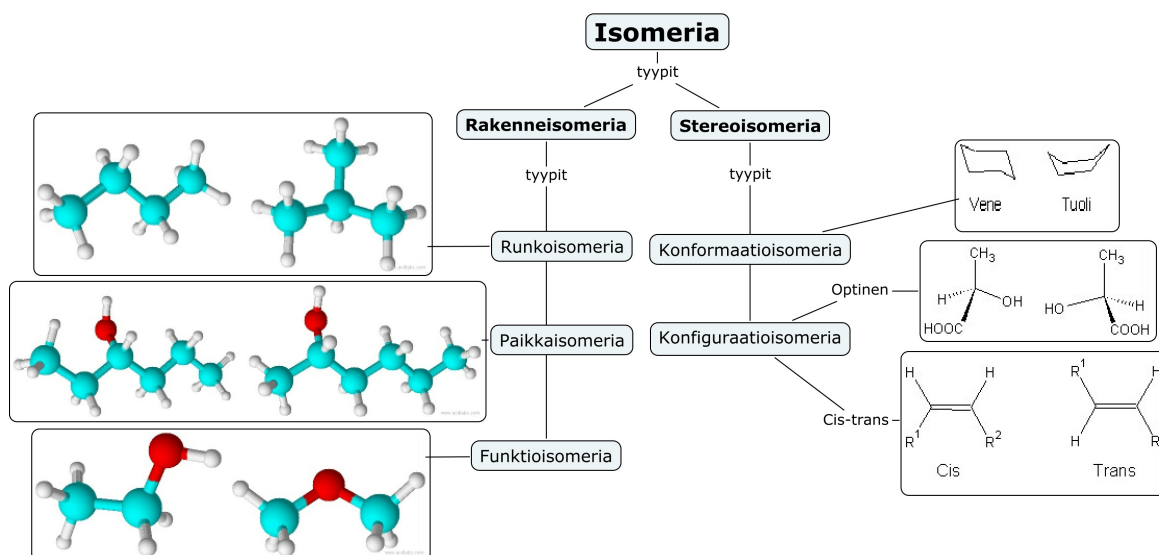
Kemia voi abstraktin luonteensa takia aiheuttaa oppilaille helposti erilaisia vaihtoehtoisia käsitteitä. Usean kemian ilmiön esittämistä varten löytyy usein sekä teoreettinen selitys että malleja, joilla ilmiötä kuvataan. Tällainen jatkuva makro-, submikro- ja symbolitasoilla käsittely saattaa helposti sekoittaa oppilaan ajatusta ja synnyttää vaihtoehtoisia käsitteitä. Erityisesti he, jotka ottavat erilaiset mallit liian konkreettisesti, saattavat kokea ongelmia silloin, kun aletaan esittää useampia malleja samasta ilmiöstä.

Oppilaat ymmärtävät usein isomeriasta sen, että isomeerit sisältävät samat hiili- ja vetyatomit sisällään, mutta niillä on erilainen järjestys tai muoto. He saattavat myös uskoa, että sivuketjut luovat aineelle isomeriaaluonteen. (Schmidt, 2006) Oppilaat eivät aina hahmota sitä, että eri aineet voivat olla keskenään isomeerejä (esimerkiksi alkoholi ja eetteri) (Schmidt, 1998). Edellä mainitut vaihtoehtoiset käsitykset tulisi tiedostaa isomerian opetusta suunniteltaessa ja toteutettaessa.

Pelkkään oppikirjaan tukeutuminen ei yleensä ole riittävää, vaan opettajan olisi hyvä käyttää myös muita työtapoja isomeriaa opettaessa. Opetustapa, joka sisältää useita erilaisia aktiviteetteja, pitää oppilaan kiinnostuksen yllä sekä ottaa hänet aktiivisempaan rooliin oppimisprosessissa.

3.2 Isomeria ja sen alakäsitteet

Isomeria on keskeisenä opetettavana aiheena valtakunnallisessa lukion opetussuunnitelmassa. Isomeria sekä orgaanisten yhdisteiden sidos- ja avaruusrakenne liittyvät oleellisesti osana lukion KE2 kurssiin, eli Kemian mikromaailmaan (LOPS, 2003). Isomeriailmiötä käsitellään laajasti useissa lukion oppikirjoissa. Isomeriakäsite pitää sisällään monia eri alakäsitteitä, jotka voidaan luokitella kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 1. Esijärjestin isomeriasta.

Isomeria-käsite voidaan jakaa rakenneisomeriaan ja stereoisomeriaan. Näistä rakenneisomeriaan kuuluvat runkoisomeria, paikkaisomeria ja funktioisomeria. Stereoisomerian muotoja ovat konformaatioisomeria, cis-trans-isomeria ja optinen isomeria eli peilikuvaisomeria. Kunkin isomeriatyyppin ilmenemiselle on perusteensa, jotka ovat sinänsä helposti ymmärrettävissä kun lähestytään kemiallisia ilmiöitä muodostumisenergioiden näkökulmasta. Lukiossa kemian energiamaailmaan mennään tosin vasta myöhemmin.

3.2.1 Oppilaiden vaihtoehtoisia käsityksiä isomeriasta

Tutkimustiedon mukaan oppilailla esiintyy orgaaniseen kemiaan liittyen paljon erilaisia vaihtoehtoisia käsityksiä (Bryan, 2007). Isomerian opetuksessa tulisi ottaa huomioon vaihtoehtoiset käsitykset, jotta nämä voidaan oikaista. Isomerian opetuksessa oppilaat eivät esimerkiksi hahmota sitä, että eri yhdisteet voivat olla keskenään isomeerejä. Tutkimuksissa on käynyt ilmi, että oppilaat rajaavat isomerian käsittämään vain yhdisteitä, joilla on sama funktionaalinen ryhmä (Schmidt, 1998).

Oppilaat ymmärtävät esimerkiksi eri alkoholiyhdisteiden olevan keskenään isomeerejä, mutta he eivät osaa liittää tähän mentaalimalliinsa myös eettereiden ja alkoholien välistä isomeriaa. Oppilaiden isomeriakäsite rajoittui tutkimuksissa yhdisteisiin, joilla oli

esimerkiksi hiilirungosta haarautuvia sivuketjuja. Myöskään mitkään tutkimustulokset eivät viitanneet siihen, että oppilaat olisivat ymmärtäneet isomeerien omaavan saman molekyylikaavan. (Schmidt, 2006) Esimerkiksi molekyylikaavan C_2H_6O vastaa eri yhdisteryhmiin kuuluvia yhdisteitä.

Eräässä tutkimuksessa haastateltava oppilas kertoi, että isomeereillä olisi sama määrä atomeja, mutta hän ei kuitenkaan uskonut tämän olevan isomeriamääritelmän perusta. Hänen mielestään ei ollut mitään mieltä vain laskea yhdisteiden atomeja ja tehdä luokituksia sen perusteella. Saman tutkimusryhmän toinen oppilas ilmoitti, että isomeerejä ovat keskenään sellaiset yhdisteet, jotka reagoivat samalla tavalla mutta ovat rakenteeltaan erilaiset. Vaikka oppilaille kerrottiin testin oikeat vastaukset, he eivät tästäkään huolimatta hylänneet vaihtoehtoisia käsityksiään. Oppilaat uskoivat edelleen, että isomeerejä ovat keskenään vain samaan yhdisteryhmään kuuluvat yhdisteet. Tutkimus ehdotti vaihtoehtoisen käsityksen syyksi, että isomerian opetuksessa ilmenee epäjohdonmukaisuus isomeria-määritelmän ja sen soveltamisen välillä. (Schmidt, 1998)

Myös toinen isomerian vaihtoehtoisia käsityksiä kartoittava tutkimus esitti vastaavanlaisia tuloksia. Oppilaat tunnistivat testeissä rakennekaavojen perusteella alkoholit isomeereiksi, mutta eivät osanneet liittää myös eettereitä näiden annettujen alkoholien isomeereiksi. Vastaava testi tehtiin myös eettereistä ja jälleen oppilaat valitsivat eetterit isomeereiksi, mutta jättivät niiden alkoholi-isomeerit pois vastauksistaan. Tuloksena oli, että oppilaiden käsitykset rajoittuivat funktionaalisten ryhmien perusteella tehtyihin valintoihin. Oppilaat eivät mieltäneet eri yhdisteryhmien olevan isomeerejä keskenään. Testin jälkeen oppilaat osallistuivat ryhmäkeskusteluun ja heitä pyydettiin katsomaan oppikirjoista isomeria käsitteenä. Tämän jälkeen tuloksia käytiin läpi käyttäen oppikirjaa tukena. Vaikka oppilaat saivat käyttää kirjaa apunaan, he eivät tästä huolimatta hahmottaneet alkoholien ja eettereiden välistä isomeriaa. Voitiin todeta, että oppilaiden vaihtoehtoiset käsitykset olivat syvään juurtuneet. (Schmidt, 2006)

Molemmissa tutkimuksissa (Schmidt, 1998; Schmidt 2006) kävi ilmi, että funktionaalisiin ryhmiin keskittyminen isomerian opetuksessa johtaa siihen, että oppilaiden käsitykset isomeereistä rajautuvat yhdisteryhmiin, eivätkä oppilaat osaa hahmottaa isomeerejä eri yhdisteryhmien yli yltäviksi rakenteiksi. Lisäksi molemmat tutkimukset raportoivat vaihtoehtoisten käsitystä olevan pysyviä. Vaikka oppilaat saivat käyttää oppikirjaa tukenaan, eivät heidän vaihtoehtoiset käsityksensä muuttuneet. Oppilaat eivät myöskään osanneet löytää isomeriaan yhteyttä yhdisteiden molekyylikaavoista. Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC, 1979) määrittää isomerian siten, että isomeereillä on keskenään sama molekyylikaava, mutta isomeerit eroavat toisistaan avaruudellisessa rakenteessa (eli atomit ovat sitoutuneet keskenään eri tavalla).

Huomioitavaa on, että Suomessa käytössä olevat lukion oppikirjat eivät painota tätä määritelmää käsitellessään aihealuetta oppikirjoissa. Aihepiirin opetus painottuu oppikirjoissa enemmän isomeria käsitteen laajan kokonaisuuden määrittelyyn kuten kuvassa 1.

3.2.2 Erilaisia näkökulmia isomerian opettamisen menetelmistä

Isomerian opetuksessa opettajan kannattaa suunnitella oppimisympäristö mahdollisimman monipuoliseksi. Tutkimuksissa on käynyt ilmi, että oppilaat eivät pysty sisäistämään isomeria -käsitettä pelkkään oppikirjaan tukeutumalla (Schmidt, 1998; Schmidt, 2006). Opetus tulee suunnitella monipuolisemmaksi. Aihealueen opetus voidaan aloittaa ennakkokäsityksiä mittaavalla testillä sekä tämän jälkeen suoritettavalla opetuskeskustelulla. Testin ja opetuskeskustelun perusteella opettaja saa tietoa ryhmässä vallitsevista vaihtoehtoisista käsityksistä (Schmidt, 1998). Tunnin alussa voidaan käyttää isomeriaan orientoitumiseen esimerkiksi historiallista lähestymistapaa. (Esteban, 2008) Historiallisessa johdannossa voidaan tuoda esiin keskeisiä kemian henkilöitä. Esiin voidaan nostaa esimerkiksi Berzeliuksen, joka teki ehdotuksen isomeria käsitteestä vuosina 1831-1832. (Kokowski, 2006)

Erilaisten pelien avulla saadaan isomerian oppimisesta tehtyä oppilaita motivoivaa ja mielekästä. Carbohydeck-korttipeli kehitettiin lähinnä biokemian opetusta ajatellen, mutta sitä voidaan soveltaa myös isomerian opetukseen. Pelikorteissa on erilaisten isomeerien kuvia ja oppilaiden tulee tunnistaa ja löytää isomeriaparit. Tutkivan oppimisen kautta korttipelissä oppilaat havaitsevat hiilivetyjen moninaisuuden ja oppivat kiinnittämään huomiota yhdisteiden rakenteisiin. Peli-idea soveltuu hyvin myös kemian osaamistasoltaan heikosti menestyvien oppilaiden opettamiseen, sillä se on pelimäisen olemuksensa puolesta tavallista motivoivampi ja innostavampi. (Costa, 2007)

Oppilaat saadaan aktivoitumaan omaan oppimisprosessiinsa paremmin myös kirjallisten tehtävien kautta, jotka etenevät informaatiota antavien tekstien mukaan. Ongelmanratkaisuun perustuvalla oppimisella oppilaalle tietoa ei tuoda esiin valmiina, vaan oppilas prosessoi tehtävien kautta isomeria-aihealuetta. Tehtävät etenevät vaiheittain syventäen tietoutta isomeriasta yksi tehtävä kerrallaan. Näin oppilaalle ei tuoda koko isomerian oppimäärää kerralla, vaan aihepiiri rakennetaan vaihe vaiheelta. Tehtävät rakentuvat niin, että jokaiseen tehtäväosioon liitetään oppilaalle siitä osasta informaatiota antavaa tekstiä. Oppilas ikään kuin johdatellaan aiheeseen vaihe vaiheelta, kunnes lopussa hänen tietonsa kattavat kaiken isomeriasta kurssilla tarvittavan tiedon. Jos oppilas ei osaa tehdä tehtävää, hänelle annetaan lisätietoa avuksi tehtävään liittyen. Jos oppilas ei vielä tämänkään jälkeen osaa ratkaista tehtävää, saa hän oikean vastauksen ja perustelut lisäinformaation kautta. (Kurbanoglu, Taskesenligil & Sozbilir, 2006)

Molekyyylimallinnus on tutkimusten mukaan erittäin tehokas tapa opettaa isomeriaa. Molekyyylimallinnuksessa yhdistyy sekä visuaalinen että tekemisen kautta oppiminen. Isomeerejä voidaan esittää ja mallintaa sekä perinteisin pallo-tikkumallein että tietokoneavusteisilla molekyyylimallinnusohjelmilla (esimerkiksi ChemSketch, ArgusLab, Spartan). Vaihtoehtoisia käsityksiä voidaan onnistuneesti vähentää yhdistämällä kolmiulotteinen käsittelytapa perinteisen rakennekaavan kanssa. (Copolo & Hounshell, 1995; Barnea & Dori, 1996) Molekyyylimallinnuksesta enemmän seuraavassa luvussa.

3.3 Molekyylimallinnus ja isomerian opettaminen

3.3.1 Tutkimuskirjallisuutta opetuksellisesta molekyylimallinnuksesta

Tietokoneen käyttö eri opetusaloilla kehittyy jatkuvasti. Myös opettajat käyttävät tietoteknisiä sovelluksia kemian opetuksessa. Erilaisilla sovelluksilla on usein tehokas rooli oppilaan kemian eri tasojen (makro-, mikro- ja symboli-) välisten yhteyksien hahmottamisessa. Malli on tässä olennainen sana, jota tulee usein painottaa vaihtoehtoisten käsitysten syntymisen välttämiseksi.

Kehittyneen tietotekniikan ansiosta yksi hienoimmista sen suomista mahdollisuuksista molekyylimallinnuksille on kolmiulotteisuus. Perinteisiin paperille piirrettyihin kaksiulotteisiin malleihin verrattuna kolmiulotteiset mallit, tietokoneella vielä pyöriteltävinä ovat erittäin hyödyllisiä avaruudellisen hahmottamisen puolesta.

Tietokoneavusteista mallinnusta kemian opetuksen yhteydessä, niin rakenteellisten ominaisuuksien kuin sidosten muodostumisenkin kannalta on tutkittu jo edellisellä vuosituhanella (Copolo & Hounshell, 1995; Barnea & Dori, 1996). Kolmiulotteisen tietokonemallinnuksen hyödyllisyys kemian käsitteitä tukevinä asioina on todistettu useaan kertaan, ja tulevaisuudessa mallinnus luultavasti tehostuu vielä entisestään. Tietokoneavusteista molekyylimallinnusta käyttäneiden oppilasryhmien tulokset olivat kaikissa tutkituissa artikkeleissa muita oppilasryhmiä (kontrolli- tai vain muita mallinnusapuja käyttäneitä) parempia tutkittaessa osaamista kemiallisten rakenteiden osalta. Mallinnustuokioita ensi kertaa käyttäneet opettajat kokivat ne myös opetuksensa jälkeen positiivisiksi elämyksiksi. Tämän lisäksi kolmiulotteisia malleja käyttävien oppilaiden on katsottu osaavan yhdistää makrotason, submikrotason, symbolitason ja tapahtuvien prosessien välisiä suhteita keskenään tavallista paremmin. (Dori & Barak, 2001)

3.3.2 Mallinnusohjelmistoja ja vinkkejä niiden käyttöön isomerian osalta

Tässä synopsiksessa tutustutaan hieman lähemmin kolmeen eri molekyyli-mallinnusohjelmaan: ChemSketch, Arguslab ja Spartan Student. Nämä ohjelmat valittiin kiinnittäen erityistä huomiota käytettävyyteen. Ohjelmista kaksi, ChemSketch ja Arguslab ovatkin ilmaisia opetuskäyttöön. Kukaan esitellyistä ohjelmista on kohtalaisen helppo omaksuttava, eivätkä ne vaadi opettajaltakaan kovin intensiivistä opiskelua mikäli omaa kohtalaiset taidot tietokoneen yleisestä käytöstä. Kaikki kolme ohjelmaa ovat myös kohtalaisen kevyitä tietokoneelle, joten ne eivät vaadi mitenkään erikoisen tehokkaita tietokoneita koulukäyttöä varten.

3.3.2.1 ChemSketch

ChemSketch on käytännössä symbolitason rakenteiden piirtämistä ja esittämistä varten käytettävä ilmainen ohjelma, mutta siltä luonnistuu myös luotujen molekyylien 3D-rakenteen hahmotus sekä visualisointi. ChemSketch-ohjelmalla ei voida juuri mennä isomerian matemaattisten selitysten puolelle tästä syystä. Tästä huolimatta sen avulla voidaan kuitenkin nopeasti ja tehokkaasti hahmottaa erilaisten isomeerien ominaisuuksia

kolmiulotteisessa ympäristössä. Nämä isomeerit voidaan jopa piirtää ensin oppilaille tutummalla symbolitasolla, jonka jälkeen ChemSketchillä se voidaan viedä kolmiulotteiseen ympäristöön tarkasteltavaksi 3D-optimointivalinnan jälkeen. Ohjelma toimii tällä tavalla siis myös linkkinä erilaisten kemian tasojen välillä.

ChemSketchin kevyt versio on ilmainen, mutta se vaatii yhden kerran rekisteröitymisen sivustolle. Ohjelma on hyödyllinen sekä opettajalle että opiskelijoille, koska sillä voidaan helposti esittää sekä symbolitasoa että submikrotasoa, ja kaikki sillä tehdyt kappaleet ovat helposti muutettavissa kuvatiedostoiksi.

3.3.2.2 Arguslab

Arguslab kykenee kolmiulotteisten molekyylihallinnusten lisäksi myös laskennallisiin suorituksiin. ArgusLabilla pystytään laskea mm. muodostumisenergioita sekä optimoimaan rakenteita kohtalaisen tarkasti. Muina hyödyllisinä ominaisuuksina ArgusLabissa on mm. optimoidun rakenteiden sidoskulmien tarkastelu sekä elektronitiheyspintojen mallintaminen. Näiden avulla pystytään pääsemään myös isomeriassa hieman syvemmälle eri muodostuvien isomeerien syihin (pooliset voimat, kulmien taipuminen). Ohjelma onkin jo ilmaisuutensa ansiosta erittäin hyödyllinen työkalu kouluun kuin kouluun.

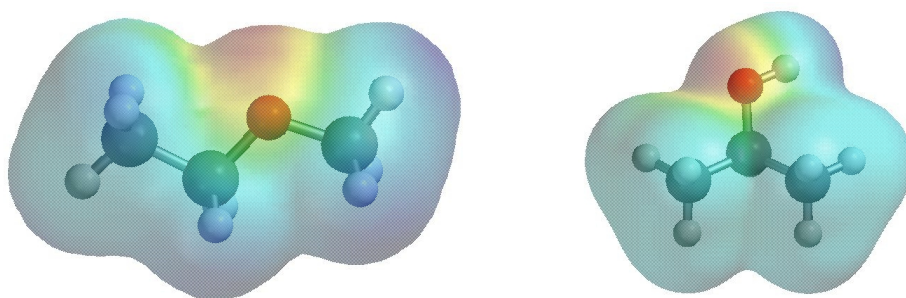
ArgusLab on myös ilmainen ohjelma, ja sen saa ladattua Internetistä ilman rekisteröitymisprosesseja. Arguslab on tosin ohjelmana myös hieman vanha, ja sen uusin versio on vuodelta 2004 (tark. 14.5.2010). Tämä johti kokeiluhetkellä yhteensopivuusongelmiin ainakin niiden tietokoneiden kanssa, joissa on Windows 7.

3.3.2.3 Spartan Student

Tätä tekstiä varten tutustuttiin ja käytettiin kemian opetuksen päivillä varsinkin orgaanisten molekyylien mallintamiseen soveltuvaa ohjelmaa Spartan Student V3.1.2. Ohjelma on maksullinen, joskin sille löytyy useamman lisenssin koulupaketteja järkevään hintaan. Ohjelma on hieman samantapainen kuin Arguslab, mutta se on sekä laskennallisesti syvällisempi että yleisesti helppokäyttöisempi ja monipuolisempi.

Spartan Student -ohjelmalla pystyy laskemaan kaikki mitä mainittiin luvussa 2.2.2 ArgusLabista, ja lisäksi mallintamaan myös erilaisia pintoja sekä laskemaan ja optimoimaan rakenteita korkeammalla tasolla. Isomerian osalta molekyylien muotoja ja sekä stereo- että rakenneisomeerien rakenteita voidaan perustella myös energeettisesti. Molekyyleille voidaan laskea esimerkiksi tiettyä sidosta kiertämällä pisteet, jossa tilanne on molekyylille energiaedullinen. Tämän lisäksi mallinnetut elektronipinnat ovat jokseenkin ArgusLabin vastaavia selkeämpiä.

Spartan Student -ohjelmisto kykenee myös kohtalaisen intensiivisiin laskusuoritukseen halutusta tarkkuudesta riippuen, mutta tietokoneen ei tarvitse olla tehokas tänäkään ohjelmiston käyttöönottoa varten. Kalliimmat, ammattikäyttöön tarkoitetut Spartan-ohjelmistot pääsevät vielä syvällisemmin tähän maailmaan, mutta niistä ei ole opetuskäytössä kovin merkittävää etua.



Kuvat 2 ja 3. Funktioisomeerit. Metyylietyylieetteri sekä 2-propanoli Spartan Student -ohjelmalla piirrettynä elektronitiheyspintoiheen.

Lähteet

- Barnea, N. & Dori, Y. J. (1996). Computerized Molecular Modeling as a Tool To Improve Chemistry Teaching. *Journal of Chemical Information and Computer Sciences*, 36(4), 629–636.
- Copolo, C. E. & Hounshell, P. B. (1995). Using Three-Dimensional Models to Teach Molecular Structures in High School Chemistry. *Journal of Science Education and Technology*, 4(4), 295-305.
- Costa, M. J. (2007). CARBOHYDECK: A Card Game To Teach the Stereochemistry of Carbohydrates. *Journal of Chemical Education*, 84(6), 977-978.
- Dori, Y. J. & Barak, M. (2001). Virtual and Physical Molecular Modeling: Fostering Model Perception and Spatial Understanding. *Educational Technology & Society*, 4(1).
- Esteban, S. (2008). Liebig–Wöhler Controversy and the Concept of Isomerism. *Journal of Chemical Education*, 85(9), 1201-1203.
- Kurbanoglu, N. I., Taskesenligil, Y. & Sozbilir, M. (2006). Programmed Instruction Revisited: A Study on Teaching Stereochemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(1), 13-21.
- Lim, C. H. B. (2007). Identifying students' misconceptions in 'a-level' organic chemistry, <http://conference.nie.edu.sg/2007/paper/papers/SCI352.pdf>, Innova Junior College, luettu 23.11.2010.
- LOPS. (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.
- Schmidt, H-J. (1992). Conceptual Difficulties with Isomerism. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(9), 995-1003.
- Schmidt, H-J. (1997). Students' Misconceptions – Looking for a Pattern. *Science Education*, 81(2), 123-135.

Tutkitut oppikirjat

Lampiselkä, J., Sorjonen, T., Vakkilainen, K-M., Aroluoma, I., Kanerva, K., Karkela, L. & Mäkelä, R. (2005). *Kemisti 2, Kemian mikromaailma*. Porvoo: WS Bookwell Oy, 96-111.

Kalkku, I., Kalmi, H. & Korvenranta, J. (2005). *Kide 2, lukion kemia, kemian mikromaailma*. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 72-83.

Kaila, L., Meriläinen, P., Ojala, P. & Pihko, P. (2005). *Reaktio 2, lukion kemia, kemian mikromaailma*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 113-128,130,134-136.

Linkit mallinnusohjelmien kotisivuille

ChemSketch: <http://www.acdlabs.com/resources/freeware/chemsketch/>.

ArgusLab: <http://www.arguslab.com/>.

Spartan Student: http://www.wavefun.com/products/windows/Student/win_student.html.

4. Kuin kiviä kumipallossa? – aineen partikkelimallin opetus

Suvi Niemiahho & Linnea Töyrylä

4.1 Johdanto

Uusimpien tutkimusten mukaan oppilailla on paljon vaihtoehtoisia käsityksiä aineen luonteesta. Tämän katsotaan osaltaan johtuvan kemian eri tasojen yhdistämisen haastavuudesta. Erilaisella visualisoinnilla, kuten molekyyli mallinnuksella, on tutkimusten mukaan todettu olevan suotuisa vaikutus sekä oppilaiden partikkelitason mentaalimallien kehittymiselle, että oppilaiden kiinnostuksen lisääntymiselle kemiaa ja muita luonnontieteitä kohtaan. Ehdotamme tässä artikkelissa molekyyli mallinnuksen käyttöönottoa tai sen käytön lisäämistä kemian mikrotason havainnollistamisen apuvälineenä sekä vaihtoehtoisten käsitysten muodostumisen ehkäisijänä ja poistajana. Esittelemme yhden tavan käyttää molekyyli mallinnusta, jossa tutkimuksen kohteena oleva glukoosimolekyyli on oppilaiden arkielämään kuuluva ja makrotasolla heille hyvinkin tuttu aine. Tämä on tapa sitoa molekyyli mallinnus konkreettisesti oppilaiden jokapäiväiseen elämään, ja tuoda mikrotaso suoraan heidän käsiteltäväkseen ja tutkittavakseen. Tätä kautta on myös helpompi innostaa oppilaita tutkimaan ja pohtimaan, sekä näkemään kemiallisia ilmiöitä ja asioita osana jokapäiväistä elämäänsä.

4.2 Haasteita ja mahdollisuuksia partikkelimallin oppimisessa ja opetuksessa

Aineen partikkeliluonne on yksi kemian opetuksen keskeisiä kokonaisuuksia, jonka ymmärtäminen edesauttaa myöhemmin opetuksessa esiin tulevien kemian käsitteiden ja ilmiöiden oppimista. Tämän vuoksi monien viimeaikaisten tutkimusten tulokset ovat huolestuttavia, sillä oppilailla on havaittu monia erilaisia vaihtoehtoisia käsityksiä koskien aineen partikkeliluonnetta.

Seuraavassa on tarkemmin eritelty lähteissä mainituissa tutkimuksissa esiteltyjä oppilaiden vaihtoehtoisia käsityksiä. Oppilaat ajattelevat muun muassa, että molekyylit ovat sisällä jossain aineessa (Onwu, 2006), tai että atomien lisäksi on oltava olemassa jotakin ainetta, johon atomit pystyvät kiinnittymään (Adbo, 2009). Lisäksi oppilaat usein ajattelevat atomia ympyränmuotoisena oliona, jossa on suunnattoman suuri liikkumaton ydin jota elektronit kiertävät säännöllisillä radoilla (Adbo, 2009). Oppilaat saattavat myös liittää aineiden makroskooppisia ominaisuuksia mikrotasolle esimerkiksi kuvitellessaan, että kupariatomit ovat punaisia koska kupari on punainen metalli (Onwu, 2006). Myös faasimuutoksiin liittyviä vaihtoehtoisia käsityksiä esiintyi; faasimuutos ajateltiin esimerkiksi aineen rakenteen rikkoutumisena tai jopa atomin koon muutoksina (Valanides, 2000; Adbo, 2009).

Näiden vaihtoehtoisten käsitysten on ajateltu osittain johtuvan siitä, että oppilaille on usein vaikeaa liikkua kemian kolmen tason, eli submikroskooppisen, makro- ja symbolitason, välillä. Tällaista liikkumista tarvitaan erityisesti abstraktien käsitteiden ymmärtämisessä. Aineen partikkeliluonte on opettamisessa ongelmana on se, että oppilaalle ei voi

antaa konkreettista esimerkkiä. Mikään aineen partikkeliluonnetta kuvaava malli kun ei ole täydellinen, vaan asian todelliseksi ymmärtämiseksi pitäisi osata käyttää monia eri malleja samanaikaisesti.

Toisena haasteena voidaan pitää sitä, että oppilailla on usein jo jonkinlaisia käsityksiä atomeista ja molekyyleistä, eivätkä nämä käsitykset välttämättä ole tieteellisiä. Etenkin länsimaissa oppilaat ovat todennäköisesti tutustuneet atomeihin ja molekyyliin erilaisten tv-ohjelmien ja sarjakuvien kautta (Onwu, 2006) ja tällöin ennakkokäsitykset voivat olla hyvinkin mielikuvituksellisia.

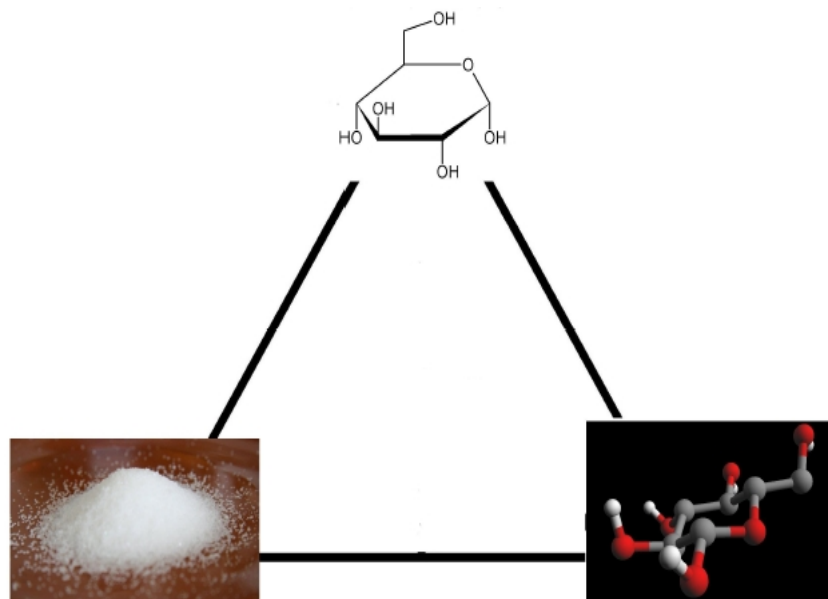
Yleinen varhainen kosketus aineen partikkeliluonteeseen tehdään lisäksi Bohrin atomimallin kautta (Adbo, 2009). Visualisoitaessa partikkeliluonnetta ei Bohrin atomimalli välttämättä tuo parhaalla tavalla esille atomin ominaisuuksia. Voitaisiin jopa ajatella, että esimerkiksi käsitykset atomiytimen liikkumattomuudesta ja elektronien säännöllisestä liikkeestä ovat peräisin juuri Bohrin atomimallista.

Useissa tutkimuksissa on kerrottu visualisoinnin oleva hyvä apu opetukseen esimerkiksi mallinnuksen (Adbo, 2009) ja animaatioiden (Birk & Yezirski, 2006) kautta. Oppilaat tosin usein käsittävät mallit konkreettisina todellisuuden kopiona, eivätkä välttämättä ymmärrä niiden puutteita. Jo muotoutuneet (vaihtoehtoiset) käsitykset voidaan kuitenkin myös saada vaihdettua toivottuihin käsitteisiin käsitteellisen muutoksen (conceptual change) avulla (Adbo, 2009).

4.3 Tietotekniikkaan pohjautuva lähestymistapa partikkelimallin opettamiseen

Molekyyylimallinnus on yksi tapa havainnollistaa oppilaalle kemian eri tietotasojen, etenkin makro- ja mikrotason välistä yhteyttä. Saatavilla on sekä kaupallisia että ilmaisia mallinnusohjelmia. Monien mallinnusohjelmien peruskäyttö, kuten molekyylien mallintaminen ja esimerkiksi tasapainogeometrioiden, elektronipintojen ja IR-spektrien laskeminen on hyvin yksinkertaista. Joidenkin toimintojen, kuten esimerkiksi potentiaalienergiaprofiilien laskeminen puolestaan vaatii hieman enemmän aikaa ohjelman käytön opetteluun.

Käytännössä molekyyylimallinnusta voidaan ehkä käyttökelpoisimmalla tavalla käyttää opetuksen osana siten, että se on sidottu oppilaiden jokapäiväiseen elämään. Tällä tavoin molekyyylimallinnuksen melko abstraktit mikrorakenteet tulevat lähemmäs oppilaiden kokemaa ja näkemää makromaailmaa. Mallinnettavaksi molekyyliksi kannattaakin taten valita jokin arkielämän molekyyli, kuten esimerkiksi glukoosi tai kofeiini tai jos halutaan yksinkertaisempaa mallinnusta myös esimerkiksi vesi ja etanoli ovat hyviä mallinnuskohteita. Oppilaiden kanssa voidaan mallintaa valittu molekyyli ensin ChemSketch-ohjelmalla, ja tämän jälkeen kolmiulotteisena esimerkiksi ilmaisen ArgusLab-ohjelman avulla. Näiden kahden erilaisen mallin yhtäläisyyksiä ja eroja on helppoa ja hyödyllistä vertailla. Lisäksi oppilaat pääsevät itse tekemään ja samalla he näkevät kaksi erilaista tapaa kuvata samaa kemiallista käsitettä, molekyyliä, liikkuen samalla kaikilla kemian kolmella tietotasolla (kuva 1.).



Kuva 1. Kemian kolme tasoa (symboli-, makro- ja submikroskooppinen taso) havainnollistettuna glukoosimolekyylin avulla

Lisäksi tässä yhteydessä on mahdollista tässä yhteydessä laskea molekyylille esimerkiksi tasapainosidospituudet, tai tutkia sen sidosvenytyksiä eri aallonpituuksilla IR-spektrin avulla. IR-spektroskopian ja esimerkiksi orgaanisten yhdisteiden funktionaalisten ryhmien käsitteen havainnollistamiseen voidaan myös hyvin käyttää IR-spektrin tutkimista. Oppilaat huomaavat esimerkiksi sidosvenytyksiä tarkastellessaan, etteivät molekyylit ja atomien väliset sidokset suinkaan ole liikkumattomia.

On myös tärkeää selvittää jo etukäteen oppilaiden omia käsityksiä tutkittavasta ilmiöstä tai käsitteestä ja suunnitella harjoituksia tästä näkökulmasta. Mallien rajallinen luonne olisi myös tärkeä tuoda esille opetuksessa.

Lähteet

- Adbo, K. & Taber, K. S. (2009). 'Learners' Mental Models of the Particle Nature of Matter: A study of 16-year-old Swedish science students. *International Journal of Science Education*, 31(6), 757 – 786.
- Onwu, G. & Randall, E. (2006). Some aspects of students' understanding of a representational model of the particulate nature of matter in chemistry in three different countries. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(4), 226-239.
- Valanides, N. (2000). Primary Student Teacher's Understanding of the Particulate Nature Of Matter And Its Transformations During Dissolving. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(3), 355-364.
- Yeziarski, E. J. & Birk, J. B. (2006). Misconceptions about th Particulate Nature of Matter - Using Animations To Close the Gender Gap. *Journal of Chemical Education*, 83(6), 954.

5. Käsitteellisen muutoksen malli sähkökemian opettamisen tukena

Mikko Rajakylä & Jaana Saarni

5.1 Johdanto

Sähkökemian rooli on keskeinen teknologiassa ja sitä kautta arkielämässä. Myös opetussuunnitelmissa, oppikirjoissa, arkipäivän ilmiöissä sekä kemian tutkimuksessa se on tärkeällä sijalla. Sen opettamista pidetään yhtenä haastavimmista kemian aihealueista. Kuitenkaan se ei kuulu yhdenkään kemian opettajia kouluttavan yliopiston painopistealoihin eikä se näy tutkintovaatimuksissa.

Oppilaiden on erityisesti vaikea ymmärtää sähkövirran kulkua sähkökemiallisessa parissa. Sähkövirta ymmärretään vain joko elektronien tai anionien liikkeenä tai ionien toimivan elektronien ja siis virran kuljettajina. Oppilaiden erilaiset käsitykset saattavat johtua epätasällisesta kielestä opetuksessa ja oppikirjoissa sekä siitä että oppilailla on tapana yksinkertaistaa ja tulkita ilmiöitä arkipäiväiseen kieleen sopiviksi.

Tässä työssä esitellään käsitteellisen muutoksen malli sähkökemian ja erityisesti sähkökemiallisen parin opettamisen tukena. Käsitteellisen muutoksen mallin lähtökohtana ovat oppilaiden omat käsitykset. Opetuksen edetessä oppilaat haastetaan pohtimaan ja testaamaan käsityksiään, minkä tavoitteena on kehittää oppilaiden käsityksiä kohti tieteellisesti hyväksyttyä mallia. Opettajan rooli on auttaa oppilaita suhtautumaan kriittisesti omiin ajatuksiinsa ja ohjata oppilaita positiivisen kritiikin avulla. Tässä tutkimuksessa esitellään myös opetusideoita, joita voidaan käyttää hyväksi käsitteellisen muutoksen mallissa.

5.2 Sähkökemian opetuksen haasteita

Oppilailla on tutkimusten mukaan erilaisia käsityksiä liittyen erityisesti virran kulkuun sähkökemiallisessa parissa (esim. Sanger & Greenbowe, 1997a; Garnett & Treagust, 1992). Sangerin ja Greenbowin mukaan oppilaat ymmärtävät yleisesti ottaen hyvin sen, että virran kulku edellyttää suljetun virtapiirin. Kuitenkin oppilailla saattaa olla puutteellinen käsitys virran kulun mekanismeista sähköparissa. (Sanger & Greenbowe, 1997b)

Tutkimusten mukaan osalla oppilaista oli käsitys, että elektronit siirtyvät liuokseen katodilta ja siirtyvät elektrolyyttiliuoksen läpi anodille ja sieltä suolasillan kautta takaisin katodille. Osa näistä oppilaista selitti, että joko anionit tai kationit kuljettavat elektroneja ja osan mielestä elektronit kulkevat ilman apua suolasillan ja liuoksen läpi. (Sanger & Greenbowe, 1997a; Garnett & Treagust, 1992) Jotkin oppilaat ymmärsivät että sähkövirta on ionien liikettä, mutta he selittivät kuitenkin, että vain anionit toimivat virrankuljettajina. (Sanger & Greenbowe, 1997a)

Myös napojen välinen potentiaaliero tuotti oppilaille vaikeuksia. Osa oppilaista selitti, että navoilla on varaus, minkä seurauksena sähköstaattinen vuorovaikutus aiheuttaa ionien liikkeen (sähkövirran) elektrolyyttiliuoksessa. (Sanger & Greenbowe, 1997a) Oppilaiden erilaiset käsitykset saattavat johtua opetuksessa ja oppikirjoissa käytetystä epätasällisesta kielestä ja oppilaiden tekemistä tulkinnoista. Oppilaat tulkitsevat tieteellistä tekstiä arkikielelle, missä käsitteillä saattaa olla eri merkitys. Oppilaat pyrkivät myös yleistämään liikaa ja he yrittävät selittää oppimillaan selitysmalleilla myös ilmiöitä, joihin ne eivät sovi. Tästä syystä opettajien ja oppikirjan tekijöiden on oltava tarkkana käytetyn kielen ja käytettyjen mallien kanssa. (Garnett & Treagust, 1992)

5.3 Käsitteellisen muutoksen malli

Käsitteellisen muutoksen mallissa opetuksen lähtökohtana ovat oppilaiden käsitykset. Oppilaat laitetaan tarkoituksellisesti kohtaamaan ja testaamaan omia käsityksiään, jolloin heidän on tiedollisen ristiriidan kautta mahdollista muuttaa mentaalimalliaan kohti tieteellistä mallia. Erilaisia tapoja ohjata oppilaita käsitteelliseen muutokseen on demonstraatiot, oppilastyöt, simulaatiot ja animaatiot sekä keskustelu. Opettajan tehtävänä on johdatella oppilaita suhtautumaan kriittisesti omiin näkemyksiinsä ja odotuksiinsa ja johdatella oppilaita tieteellisesti hyväksytyyn malliin etsimällä oppilaan vastauksista ja havainnoista positiivisia näkemyksiä ja rakentamaan tietoa näiden pohjalle.

Käsitteelliseen muutokseen ohjaaminen on eräänlaista Myytinmurtajat-opiskelua: oppilas testaa omia käsityksiään ja toteaa itse niiden toimivuuden. Kun oppilastyö tai simulaatio osoittaa oppilaan ennakkokäsityksen virheelliseksi tai puutteelliseksi, on oppilas valmiimpi omaksumaan uutta tietoa asiasta. Myytinmurtajat (Mythbusters) on suosittu tv-sarja, jossa tutkijat testaavat erilaisten myyttien paikkansapitävyyttä kokeellisesti.

Käsitteellisen muutoksen malli tuntuu viime vuosina jääneen taustalle tutkimuskohteena. Ehkä sen ydinkohtia on siinä määrin omaksuttu mm. tutkivan oppimisen periaatteisiin, että itse käsitteellisestä muutoksesta ja käsitteellisen muutoksen tukemisesta ei juurikaan puhuta.

Tutkimusartikkeleissa Sanger ja Greenbowe testasivat Posnerin luoman käsitteellisen muutoksen mallin mukaista lähestymistä sähkökemian oppimisen tukena. He ovat tutkineet erilaisia tapoja, joilla oppilaat laitetaan kohtaamaan omia näkemyksiään ja niiden vaikutusta oppimistuloksiin (Sanger & Greenbowe, 1997b; Posner, 1982).

5.4 Opetusmalleja

Özkaya tutkimusryhmineen (2006) jakoi opiskelijoille ennen aiheen opetusta materiaalia, jonka avulla oppilaiden oli helpompi seurata opetusta. Aihekokonaisuuden käsittelyn jälkeen oppilaat laitettiin ratkaisemaan erilaisia käsitteellisiä tehtäviä. Käsitteelliset tehtävät oli laadittu siten, että ne mahdollistivat kokoavan keskustelun. Oppilaiden annettiin testata tehtävissä esittämiään väittämiä, eli oppilaiden omia vastauksia käytettiin lähtökohtana. (Özkaya et al., 2006)

Sanger ja Greenbowe testasivat vuonna 2000 aiempia ideoitaan animaatioiden ja simulaatioiden käytöstä opetuksen tukena ja yhdistettynä käsitteelliseen muutokseen tietoisesti tähtäävään opetukseen. Opetuksen osana oppilaille näytettiin animaatioita elektrolyysistä ja lisäksi teetettiin tehtäviä ja oppilastöitä, joissa oppilaat testasivat käsityksiään. Verrokkiryhmälle näytettiin animaatioita, mutta heillä ei teetetty tehtäviä ja oppilastöitä aiheesta. Lisäksi Sanger ja Greenbowe ottivat vertailuun oppilasryhmän, joka ei ollut nähnyt animaatioita tai simulaatioita aiheesta.

He tutkivat kaikkien ryhmien oppilaiden käsityksiin vaikuttamisen tehoa koevastausten avulla, heti kurssin jälkeen ja kuukausia kurssin jälkeen. Tutkimuksen mukaan animaatiot vaikuttavat eniten nuorimpien opiskelijoiden oppimiseen. Vanhemmilla opiskelijoilla mentaalimalli on jo ehtinyt vakiintua, eikä sen muuttaminen onnistu pelkillä animaatioilla, ilman käsitteellisen muutoksen mallin mukaista opiskelijan puutteellisen ennakkokäsityksen kanssa tarkoituksellisesti ristiriitaisia todisteita, esimerkiksi demonstraatioita tai oppilastöitä. (Sanger & Greenbowe, 2000)

Demonstraatiot ja oppilastyöt ovat hyvä tapa antaa oppilaiden testata omia käsityksiään. Oman käsityksen toimimattomuuden kohtaaminen pakottaa oppilaan hylkäämään aiemman käsityksensä ja etsimään uutta selitystä. (Sanger & Greenbowe, 1997b)

Sanger ja Greenbowe toteavat myös, että opettajien on syytä harjaannuttaa oppilaitaan erityyppisten tehtävien tekemiseen, ei vain yhdenlaisia sähkökemian tai muunkaan aiheen tehtäviä. Monipuoliset tehtävät kehittävät oppilaiden valmiuksia menestyä erityyppisiä tehtäviä sisältävissä kokeissa ja kertoa asioista myös sanallisesti. Oppilaat oppivat helposti perustehtävien vastaustyylin, mutta eivät omaksu asioita niin, että muistaisivat ne vielä kuukauden kuluttua. (Sanger & Greenbowe, 2000)

Lähteet

Garnett P. J. & Treagust D. F. (1992). Conceptual Difficulties Experienced by Senior High School Students of Electrochemistry: Electrochemical (Galvanic) and Electrolytic Cell. *The Journal of Research in Science Teaching*, 29, 1079-1099.

Hewson, P. W. (1992). Conceptual change in science teaching and teacher education. June 1992, National Center for Educational Research, Documentation, and Assessment, Madrid, Spain.

Opetushallitus. (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Opetushallitus. (2004). *Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 2004*. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Sanger M. J. & Greenbowe T. J. (1997a). Common Student Misconceptions in Electrochemistry: Galvanic, Electrolytic, and Concentration Cells, *The Journal of Research in Science Teaching*, 34, 377-398.

Sanger M. J. & Greenbowe T. J. (1997b). Students' Misconceptions in Electrochemistry: Current Flow in Electrolyte Solutions and the Salt Bridge, *Journal of Chemical Education*, 74, 819-823.

Sanger M. J. & Greenbowe T. J. (2000). Addressing Student Misconceptions Concerning Electron Flow in Aqueous Solutions With Instruction Including Computer Animations and Conceptual Change Strategies, *The International Journal of Science Education*, 22, 521-537.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.

Özkaya A.R., Üce M., Sarıcaşır H. & Şahin M. (2006). Effectiveness of a Conceptual Change-Oriented Teaching Strategy To Improve Students' Understanding of Galvanic Cell, *Journal of Chemical Education*, 83, 1719-1723.

6. Osmoosi yhdistää biologian ja kemian

Sanna Alhonen & Minna-Kaisa Knuutinen

6.1 Johdanto

Diffuusio ja osmoosi ovat keskeisiä biologian käsitteitä, kun käsitellään soluja ja elinten toimintaa. Tutkimusten mukaan oppilailla on monia vaihtoehtoisia käsityksiä osmoosista. Osmoosi on avainasemassa monien elämän kannalta tärkeiden prosessien ymmärtämisessä ja sen vuoksi olisi tärkeää, että oppilaat oikeasti omaksuisivat osmoosiin liittyvän kemian näkökulman. Oppilaiden monet vaihtoehtoiset käsitykset saattavat johtua siitä, että tieteellisiä termejä ei ole ymmärretty oikein. Oppilaille olisi hyvä antaa mahdollisuus tutustua osmoosiin teorian lisäksi myös kokeellisin menetelmin. Tässä artikkelissa käsitellään kahta erilaista osmoosiin liittyvää kokeellista työtä.

Tieteellisten tutkimusten mukaan oppilailla on monia vaihtoehtoisia käsityksiä osmoosista. Osmoosilla on suuri merkitys esimerkiksi veden kuljettamisessa kasveissa ja kasvisoluissa sekä eläimille ja ihmisille mm. munuaisten toiminnassa. Verenkiertojärjestelmä on erikoistunut kuljettamaan mm. ravintoaineita, vettä ja hormoneita. Aineet kulkeutuvat soluihin solukalvon läpi, joka toimii lähes puoliläpäisevän kalvon tavoin. Osa aineista siirtyy soluihin siis osmoosin avulla.

Oppilaille on syvään juurtuneita vaihtoehtoisia käsityksiä osmoosista varsinkin molekyylitasolla. Oppilailla saattavat mennä sekaisin esimerkiksi käsitteet solu ja molekyyli. Vaikeuksia tuottaa hahmottaa proteiinien, molekyyliden ja solujen kokoeroja. Diffuusionopeuden ajatellaan olevan aina sama, konsentraatioeroista riippumaton käsite. Kaikki oppilaat eivät käsitä puoliläpäisevän kalvon merkitystä osmoosissa. Lisäksi molekyyliden liikkeen kuvitellaan täysin pysähtyvän konsentraatioiden tasapainotilassa.

Oppilaiden monet vaihtoehtoiset käsitykset saattavat johtua siitä, että tieteellisiä termejä ei ole ymmärretty oikein. Kun oppilaille on opetettu uusi asia, he tarvitsevat aikaa tiedon käsittelyyn, vaihtoehtoisten käsitysten synnyn ehkäisemiseksi ja opitun asian ymmärtämisen vahvistamiseksi. Oppilaille pitäisi antaa mahdollisuus tutustua osmoosiin teorian lisäksi myös kokeellisin menetelmin. Tutkimusten mukaan, käsitekarttojen käyttämisestä opetuksessa, on saatu hyviä oppimistuloksia. Opetusmenetelmiä tulisi käyttää mahdollisimman monipuolisesti. Myös tieto- ja viestintätekniikka kannattaa ottaa käyttöön opetusmenetelmänä. Molekyylitasolla tehdyt tietokonesimulaatiot helpottavat oppilaita pääsemään eroon vaihtoehtoista käsityksistään.

Olemme havainnollistaneet osmoosia kahdella erilaisella kokeellisella työllä. Kokeelliset työmme tukevat vihreän kemian periaatteita. Kun salaatinlehti tai kananmuna, jonka kalsiumkarbonaatti kuori on poistettu, laitetaan hyper- tai hypo-osmoottiseen liuokseen, havaitaan salaatinlehden rakenteessa tai kananmunan koossa osmoosista johtuvia eroja.

6.2 Osmoosin opettamiseen liittyvät haasteet

Osmoosin opettaminen kuuluu sekä biologian että kemian opetussuunnitelmaan peruskoulussa. Lukiossa se opetetaan biologiassa, mutta kemian tunneilla aihetta voidaan sivuta puhumalla esimerkiksi veden puhdistuksesta käänteisosmoosin avulla, jossa osmoottisen paineen avulla saadaan merivesi puhdistumaan suolasta. Käänteisosmoosissa puoliläpäisevä kalvo on rakennettu orgaanisista kalvoista (vesiluento). Osmoosi opettamisen erityinen haaste on ilmiön abstraktinen luonne. Miten saada ilmiö, joka tapahtuu pääosin soluissa, näkymään oppilaille?

Osmoosi on monitieteellinen ilmiö, joka on tuttu biologista mm. veden siirtymisessä kasvin osista toisiin sekä eläinten ja kasvien vesitasapainosta. Osmoosiin liittyy fysiikasta tuttu ilmiö, paine sekä kemian käsitteistä liuosten konsentraatio. Oppilaan taso voi vaihdella näiden oppiaineiden välillä ja siksi tämä on yksi haaste ilmiön opettamisessa. (Köse, 2007)

Amerikassa vuonna 1995 kartoitettiin yläkoulu- ja lukiolaisten vaihtoehtoisia käsityksiä liittyen diffuusion ja osmoosiin. Vahvimmat vaihtoehtoiset käsitykset liittyivät osmoosin nopeuteen ja siihen, että vesimolekyylien konsentraatio tulee olla tasapainossa puoliläpäisevän kalvon molemmin puolin. Eräs haastava käsite oli myös osmoottinen paine. (Odom, 1995)

6.3 Erilaisia tapoja opettaa osmoosi

Ylioppilastehtävissä poikkitieteellisyys on yleistynyt Esko Savolan mukaan (Saviola, 2009). Opettajat tekevät enemmän yhteistyötä toistensa kanssa, joka on hedelmällistä myös oppilaille, koska he saavat monipuolisemman näkökulman opeteltaviin asioihin. Yhteistyön tuloksia on syntynyt mm. poikkitieteellisiä kokeellisen työn kursseja.

On verrattu oppilasryhmiä, joista toiselle opetettiin osmoosia laboratoriotyöskentelyn ja keskustelujen avulla, toiset oppilaat taas opiskelivat osmoosia tavanomaisesti luokkahuoneessa. Tutkimus suoritettiin alku- ja loppu kyselyn avulla, joiden kysymykset liittyivät osmoosiin. Tutkimustuloksista havaittiin, että oppilasryhmä, joka oli saanut osallistua kokeelliseen opetukseen ja keskusteluihin oli oppinut osmoosin paremmin kuin tavanomaiseen opetukseen osallistuneet oppilaat. Paremman oppimistuloksen syy oli työskentelyn kontekstuaalisuus, jolloin oppilaat saivat nähdä osmoosin ilmiön omin silmin. Tavanomaiseen opetukseen oppimiskäsitykset olivat naivempia kuin vertailuryhmällä. (Christianson & Fisher, 1999).

Opetusmenetelmiä tulisi käyttää mahdollisimman monipuolisesti. Erilaiset oppijat oppivat asioita erilaisin menetelmin ja monipuolisuus opetuksessa parantaa kaikkien opiskelijoiden oppimismahdollisuuksia. Tieto- ja viestintätekniikka kannattaa ottaa käyttöön opetusmenetelmänä. Molekyyllitasolla tehdyt tietokonesimulaatiot helpottavat oppilaita pääsemään eroon vaihtoehtoisista käsityksistä. Meir et al. (2005) suunnittelivat erityisesti osmoosin opetukseen soveltuvan tietokoneohjelman ja tutkivat sen käytön vaikutusta oppilaiden vaihtoehtoisten käsitysten korjaamiseen. Vaikutukset olivat huomattavia. (Meir, et al., 2005)

Tutkimusten mukaan käsitekarttoja käyttämällä on saatu hyviä oppimistuloksia. Käsitekartat helpottavat asioiden ymmärtämistä saattavat auttaa oppilaita näkyvien ja abstraktien ilmiöiden välisien yhteyksien rakentamisessa. (Pernaa & Aksela, 2008) Opetustilanteissa tulisi käydä oppilaiden välisiä keskusteluja sekä muistaa myös oppilaan ja opettajan välisen kanssakäymisen tärkeys. Käsitekarttoja kannattaa tehdä myös ryhmissä, jolloin ryhmän jäsenten välille syntyy keskustelua käsiteltävästä asiasta. (Odom 1995; Lodom & Kelly, 2000) Myös Tekkaya (2003) on saanut hyviä oppimistuloksia tutkiessaan käsitekarttojen käyttämistä osmoosin opetuksessa. Tutkimukseen osallistuneilla oppilailla havaittiin yli 30 % parannus oppimistuloksissa. (Tekkaya, 2003)

6.4 Osmoosin opettaminen kokeellisuuden avulla

Kokeilimme kahta erilaista, oppilaiden kanssa helposti toteutettavaa, kokeellista osmoosiin liittyvää työtä. Kummassakaan työssä ei tarvita haitallisia kemikaaleja. Ne voidaan toteuttaa aivan tavallisilla keittiöstä löytyvillä aineilla. Työt noudattavat vihreän kemian linjaa.

Salaatinlehtityö on nopeasti toteutettavissa. Salaatista irrotettuja lehtiä pidetään huoneenlämpötilassa noin vuorokauden ajan. Toinen nuukahtaneista lehdistä laitetaan kylmään veteen ja toinen kylläiseen suolaliuokseen. Noin puolen tunnin kuluttua salaatinlehdissä voi havaita muutoksia, mutta parhaiten tulokset näkyvät 3-4 tunnin kuluttua. Vesiliuoksessa oleva salaatinlehti palautuu alkuperäisen kaltaiseksi osmoosin ansiosta. Suolaliuoksessa oleva salaatin lehti näyttää vain kärsivän.

Kanamunatyön toteutukseen kuluu aikaa nelisen vuorokautta. Työn aluksi munasta poistetaan kuori etikalla. Jos haluaa nopeuttaa työtä, kuoren voi poistaa väkevällä suolahapollakin, mutta tästä syntynyt jäte, on hävitettävä asian mukaisesti. Munankuori koostuu pääasiassa kalkista eli kalsiumkarbonaatista (CaCO_3). Munan ollessa etikka- tai suolahappoliuoksessa kalsiumkarbonaatti liukenee muodostaen mm. hiilidioksidia. Hiilidioksidin muodostuminen havaitaan kuplimisena. Värillisiä ”osmoosimunia” saa valmistettua lisäämällä etikkaan elintarvikeväriä.

Munankuoren sisällä oleva ohut proteiiniikalvo ei reagoi hapon kanssa. Proteiiniikalvo toimii osmoottisena seinämänä, joka päästää lävitse pieniä molekyylejä, kuten vettä. Munanvalkuaisen proteiinit eivät suurina molekyyleinä pysty läpäisemään kalvoa. Vesi pyrkii tasoittamaan puoliläpäisevän kalvon eripuolilla olevia pitoisuuksia siirtyen sille puolelle kalvoa, jossa vesipitoisuus on pienempi. Koska etikkahappoliuoksen vesipitoisuus on paljon suurempi kuin munanvalkuaisen, siirtyy vesimolekyylejä enemmän kalvon lävitse munanvalkuaiseen kuin munanvalkuaisesta etikkaliuokseen. Kanamunan massa kasvaa. Kuvasta kaksi voidaan havaita kanamunan suurentuminen.



Kuva 1. Havainnollistava kuva kanamunan koon muutoksesta.

Etikkakylvyn jälkeen toinen kananmunista laitetaan vaaleaan siirappiin. Siirapissa olevassa kananmunassa osmoosin suunta muuttuu. Vesi siirtyy munanvalkuaisesta sitä ympäröivän kalvon läpi siirappiin. Kananmuna kutistuu. Taulukosta 1 nähdään yhden kokeellisen työn mittaustulokset. Koon muutoksen voi havaita myös mittaamalla kananmunan ympärysmittan muutoksia. Menetelmä on kuitenkin melko epätarkka.

Taulukko 1. Mittaustulokset kananmunista, jotka olivat kaksi vuorokautta etikassa ja tämän jälkeen kaksi vuorokautta siirapissa. Suluissa on massa verrattuna alkuperäiseen prosentteina ilmoitettuna.

	Muna A	Muna B	Muna C
Alkumassa	48 g	46 g	43 g
Massa (etikka)	72 g (150 %)	75 g (163 %)	53 g (153 %)
Massa (siirappi)	49 g (102 %)	55 g (120 %)	45 g (105 %)

6.5 Kokemuksia ja vinkkejä

Kokemuksemme ja saamamme palautteen mukaan osmoosin havainnollistaminen kokeellisilla töillä on sekä oppilaista että opettajista mielekästä. Varsinkin elintarvikevärillä värjätyt ”osmoosimunat” ovat lasten mieleen ja kiinnostavat myös vanhemmankin oppilaan huomion: ”Mitä nuo ovat?”.

Biologian opettajat ovat suhtautuneet myönteisesti yhteistyöhön kemian opettajien kanssa. Mielestämme on tärkeää, että kemian ja biologian opettajat keskustelevat siitä, miten opettavat osmoosin. Olemme haastatelleet muutamaa opettajaa ja havainneet, että on mahdollista syntyä väärinkäsitys siitä, että biologian opettaja ajattelee kemian opettajan opettavan osmoosin ja kemian opettaja ajattelee biologian opettajan opettavan sen. Lopputulos on se, että kumpikaan ei opeta osmoosia tarpeeksi perusteellisesti. Kun opettajat tietävät toistensa opetustavan osmoosista, sillä varmistetaan ilmiön perusteellinen opetus kaikille oppilaille.

Osmoosi on tärkeä ilmiö, jota ilman elämä ei olisi mahdollista!

Lähteet

Christianson, R. G. & Fisher, K. M. (1999) Comparison of student learning about diffusion and osmosis in constructivist and traditional classrooms. *International Journal of Science Education*, 21(6), 687-689.

Köse, S. (2007). The Effects of Concept Mapping Instruction on Overcoming 9th Grade Students' Misconceptions About Diffusion and Osmosis. *Journal of Baltic Science education*, 6(2), 16-25

Meir, E., Perry, J., Stal, D., Marcuca, S. & Klopfer, E. (2005). How Effective Are Simulated Molecular-level Experiments for Teaching Diffusion and Osmosis? *Cell Biology education. A Journal of Life Science Education*, 4(3), 235-248.

Odom A. L. (1995). Secondary & College Biology Students' Misconceptions About Diffusion & Osmosis. *The American Biology Teacher*, 57(7), 409-415.

Savola, E. (2009). Lukion kemia. *Dimensio*, 69(3), 11-19.

Tekkaya, T. (2003). Remediating High School Students' Misconceptions Concerning Diffusion and Osmosis through Concept Mapping and Conceptual Change Text. *Research in Science & Technological Education*, 21(1), 15 -16.

Vesiluento, 11.5.2010, <http://www.wakkanet.fi/~timvih/vesiluento/puhdistus2.html>, luettu 11.5.2010.

Opetusideat kokeellisiin töihin

Salaatti: <http://www.youtube.com/watch?v=H6N1IiJTmnc&feature=related> luettu 1.3.2010.

Suolahappo-vesi: Kangaskorte, A. Lavonen, J. Penttilä, A. Pikkarainen, O. Saari, H. Sirviö, J. Vakkilainen, K-M. & Viiri, J. (2010) *FyKe 7-9 KEMIA*. WSOY, (*Painopaikka?, tulee korjattuun versioon*) 1.painos, 297

Etikka-Siirappi: <http://ilovebacteria.com/eggosmosis.htm> luettu 23.3.2010.

7. Stoikiometria

Ilmo Teikari & Simo Tolvanen

7.1 Johdanto

Stoikiometrinen tehtävien ratkaisussa oppilailta vaaditaan kahdenlaista osaamista: heidän tulee ymmärtää kemialliseen reaktioon liittyviä käsitteitä ja osata ratkaista ongelmia matemaattisesti. Abstraktien käsitteiden, kuten stoikiometrian, opettamisessa kannattaa huomioida sekä kemian mikroskooppinen, makroskooppinen että symbolinen taso. Stoikiometrian oppimisen kannalta etenkin moolin käsitteen opettamiseen tulee kiinnittää huomiota. Tilanteessa, jossa oppilaat ratkaisevat sarjan stoikiometrisia tehtäviä, voidaan käyttää neliportaista opetusmallia, joka esitellään tässä artikkelissa.

7.2 Stoikiometrian opetus ja oppiminen

Stoikiometria on oleellinen osa kemian opetusta. Kouluopetuksessa opetetaan tasapainottamaan reaktiota siten, että yhtälön molemmiin puoliin on sama määrä atomeja. Tähän liittyy käsitteellisiä ongelmia oppilailla. Peruskoulun kemian opetuksessa Raaka-aineiden ja tuotteiden osalta keskeisenä sisältönä vuosiluokille 7-9 on reaktioyhtälöiden tulkitseminen sekä yksinkertaisten reaktioyhtälöiden tasapainottaminen (POPS, 2004, 196).

Lukiossa pitäisi stoikiometriaa jo osata, sillä pakollisen kemian kurssin, Ihmisen ja elinympäristön kemia (KE1), tavoitteena on mm. ”osaa orgaanisten yhdisteiden rakenteita, niiden ominaisuuksia ja reaktioita sekä ymmärtää niiden merkityksen ihmiselle ja elinympäristölle” ja ”osaa tutkia kokeellisesti orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia ja reaktioita, tuntee erotus- ja tunnistamismenetelmiä sekä osaa valmistaa liuoksia.” Syventävässä kurssissa Reaktiot ja energia (KE3) asia vielä korostuu, sillä tavoitteena on mm. ”osaa kirjoittaa reaktioyhtälöitä ja käsitellä reaktioita matemaattisesti” ja keskeisenä sisältönä mm. stoikiometrisia laskuja. (LOPS, 2003, 152-155)

Stoikiometriasta on aiemmin käytetty myös nimeä stökiometria. Stoikiometria on saksaksi die Stöchiometrie ja englanniksi stoichiometry. Sanan alkuperä on elementtejä tarkoittavasta kreikan kielen sanasta stoicheion. Stoikiometriassa toteutuu massan säilymisen laki, jolloin lähtöaineista syntyy yhtä paljon tuotteita kemiallisessa reaktiossa. Huomioitava on, että osa lähtöaineista voi pysyä muuttumattomina. (McNaught & Wilkinson, 1997)

7.2.1 Stoikiometrian oppimiseen liittyviä vaikeuksia

Stoikiometriaan liittyy monia abstrakteja käsitteitä, joiden ymmärtäminen on oppilaille vaikeaa. Tutkimuksen mukaan erilaisia käsityksiä esiintyy paljon atomi- ja moolimassan, konsentraation ja moolin käsitteiden yhteydessä. Lisäksi oppilailla on reaktioyhtälöön liittyviä vaikeuksia. Esimerkiksi reaktioyhtälön muodostaminen stoikiometrista laskua varten tilanteessa, jossa jotakin reaktion lähtöainetta jää yli, tuottaa oppilaille vaikeuksia.

(Dashan & Coll, 2007) Oppilailla voi myös olla vaikeuksia lukea reaktioyhtälöihin sisältyvä tieto siitä, missä suhteessa reaktiossa aineita on. (Fach, 2007) Tämän voidaan ajatella liittyvän vaikeuksiin ainemäärän käsitteen ymmärtämisessä.

Käsitteiden ymmärtämisen lisäksi myös stoikiometristen tehtävien matemaattinen puoli tuottaa monille oppilaille vaikeuksia. Stoikiometristen tehtävien ratkaisussa on yleisesti käytössä kaksi erilaista mallia: reaktioyhtälöön perustuva malli ja suhdemalli. (Kuva 1) Näistä edellinen malli on vaikeampi sisäistää, sillä se vaatii oppilaalta ymmärrystä reaktioyhtälön taustalla olevasta kemiasta ja ainemäärän käsitteen ymmärtämistä. Jälkimmäistä mallia käytettäessä voi sen sijaan vain sijoittaa reaktioyhtälön kertoimet laskukaavaan suoraan reaktioyhtälöstä. Suhdemallia käyttävien oppilaiden on kuitenkin havaittu sekoittavan helposti osoittaja- ja nimittäjään tulevat kertoimet keskenään, eikä mallin käyttö auta heitä ymmärtämään stoikiometristen laskujen kemiallista puolta. (Fach, 2007)

Reaktioyhtälöön perustuva malli: $m = n \cdot M$

Suhteisiin perustuva malli: $\frac{n_1 \cdot M_1}{n_2 \cdot M_2} = \frac{m_1}{m_2}$

Kuva 1. Kaksi erilaista stoikiometrisissa laskuissa käytettyä laskukaavaa.

Oppilaiden käsitteelliset ja matemaattiset ongelmat näkyvät esimerkiksi sellaisia stoikiometrisia laskuja ratkaistaessa, joissa on huomioitava rajoittava reagenssi. Oppilaat voivat yrittää ratkaista tällaisia tehtäviä käyttämällä ulkoa opittuja matemaattisia yhtälöitä, tai mikäli tämä on liian vaikeaa, he yrittävät määrittää rajoittavan reagenssin reaktioyhtälön kertoimia tarkastelemalla. (Chandrasegaran, 2009)

7.2.2 Erilaisia tapoja stoikiometrian opettamiseen

Stoikiometriaan liittyvien käsitteiden ymmärtämiseksi tulisi ottaa huomioon kemian mikroskooppinen, makroskooppinen ja symbolinen taso ja käsitellä asioita kaikilla kolmella tasolla ja opettaa oppilaita siirtymään tasolta toiselle tilanteen niin vaatiessa. Erityistä huomiota tulisi kiinnittää moolin käsitteen opettamiseksi näillä kaikilla kolmella tasolla. Oppilaat tarvitsevat ymmärrystä käsitteiden kemiallisesta merkityksestä, ennen kuin he voivat käyttää niitä menestyksekkäästi stoikiometristen ongelmien matemaattisen ratkaisun apuna. (Dashan & Coll, 2007) Tilanteissa, joissa tulee huomioida myös rajoittava reagenssi, olisi syytä lähestyä ongelmaa reaktioyhtälön kautta. Tämä lähestymistapa huomioi sekä oppilaat, joilla on vaikeuksia tehtävien matemaattisen ratkaisun kanssa, että matemaattisesti suuntautuneet oppilaat, jotka tarvitsevat tukea laskujen liittämässä niiden taustalla olevaan kemiaan. (Chandrasegaran, 2009)

Yksi tapa huomioida sekä käsitteelliset että matemaattiset ongelmat, joita stoikiometristen tehtävien ratkaisuun liittyy, on käyttää harjoitustehtäviä laskettaessa Fachin asteittaisen tuen mallia: (Fach, 2007)

1. Annetaan vinkkejä siitä, kuinka (sanallisesta) tehtävästä löydetään ratkaisun kannalta oleellinen informaatio.
2. Esitetään oppilaalle ongelmanratkaisun yleiset vaiheet, kertomatta kuitenkaan, miten kukin vaihe toteutetaan.
3. Esitetään jokaisesta ongelmanratkaisun vaiheesta tarkka ratkaisuoheje.
4. Tehtäviin liittyvistä käsitteistä kootaan yleinen sanasto, joka oppilailla on käytössään tehtävää tehdessään.

Tämä tehtävä soveltuu tilanteisiin, joissa oppilailla on ratkaistavanaan useita sanallisia tehtäviä. Tarkoitus on, että oppilaat työskentelevät itsenäisesti, ja opettaja auttaa kutakin tarvittaessa. Jos oppilas ei pääse tehtävän ratkaisussa edes alkuun, opettaja auttaa tuen ensimmäisellä asteella tätä löytämään tehtävästä oleellisen informaation. Tämän jälkeen oppilas jatkaa työskentelyään itsenäisesti ja pyytää lisää apua aina tarvitessaan. Neljäs aste on läsnä koko tehtävänratkaisun ajan, ja sen on tarkoitus auttaa oppilaita palauttamaan mieleen määritelmiä tehtävissä esiintyville vaikeille käsitteille.

Alla esitetään esimerkkitehtävä ja hahmotelma siitä, mitä tuen eri vaiheet tätä tehtävää ratkaistaessa voisivat olla:

Sata millilitraa 0,3 molaarista Lyijy(II)nitraattiliuosta ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) sekoitetaan sataan millilitraan 0,2 molaarista kaliumjodidia (KI). Sekoittaessa tapahtuu reaktio, jossa saostuu lyijyjodidia (PbI_2).

Kuinka paljon lyijyjodidia saostuu?

1.Vaihe: Oleellinen informaatio

- a) lyijynitraatin konsentraatio on 0,3 mol/l ja kaliumjodidin konsentraatio on 0,2 mol/l
- b) lyijynitraatti reagoi kaliumjodidin kanssa muodostaen lyijykloridia

2.Vaihe: Ongelmanratkaisun yleiset vaiheet

- a) Selvitetään, kuinka monta moolia lähtöaineita on.
- b) Selvitetään reaktioyhtälön avulla, kumpi lähtöaine on rajoittava reagenssi.
- c) Lasketaan rajoittavan reagenssin ainemäärän perusteella lyijyjodidin massa.

3.Vaihe: Ongelmanratkaisun yksityiskohtaiset ohjeet.

- a) $n(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = c(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) \cdot V = n(\text{Pb}^{2+}) = 0,03 \text{ mol}$
 $n(\text{KI}) = c(\text{KI}) \cdot V = n(\text{I}^-) = 0,02 \text{ mol}$
- b) $\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{I}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{PbI}_2(\text{s})$
 0,3 mol 0,2mol
- c) $n(\text{PbI}_2) = 0,5 \cdot n(\text{I}^-)$

4.Vaihe: Sanasto

- Ainemäärä (tunnus n , yksikkö mol) kuvaa aineen hiukkasten määrää. Yksi mooli ainetta sisältää $6,022 \times 10^{23}$ hiukkasta.
- Moolimassa (tunnus M , yksikkö g/mol) kertoo massan, joka yhdellä moolilla jotakin ainetta on.
- Konsentraatio kertoo, kuinka monta moolia yhdistettä on sekoitettu toiseen yhdisteeseen. Liuosten tapauksessa konsentraatio kuvaa, kuinka monta moolia yhdistettä on yhdessä litrassa liuosta.

7.3 Huomioita Kemian opetuksen päiviltä stoikiometrian opettamisessa

Kemian opetuksen päivillä Kokkolassa 2010 esitellessämme neliportaista opetusmallia stoikiometrian opetuksessa, kysyimme kemian opettajilta heidän mielipiteitään. Neliportaisen opetusmallin kolme ensimmäistä porrasta olivat jo käytössä jossain määrin.

Uutuutena oli tehtäviin liittyvistä käsitteistä koottu yleinen sanasto, joka oppilailta on käytössään tehtäviä tehdessään. Tämä todettiin useamman kemian opettajan toimesta hyväksi ajatukseksi. Sanastoja voisi olla myös muiden kemian aiheiden kuin stoikiometrian opetuksessa käytössä. Käsitteiden hahmottamisessa tästä voisi olla apua oppilaille. Voisiko jopa koepaperissa olla kokeeseen liittyvä pieni kemian sanasto? Asia vaatisi tutkimista.

Lähteet

Chandrasegaran, A.L, Treagust, D, Waldrip, B, Chandrasegaran, A. (2009). Students' dilemmas in reaction stoichiometry problem solving: Deducing the limiting reagent in chemical reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 10, 14-23

Dashan, C. & Coll, R. (2007). Thai Grade 10 and 11 students' conceptual understanding and ability to solve stoichiometry problems. *Research in Science & Technological Education*, 25, 227-241

Fach, M. & al. (2007). Results of an interview study as basis for the development of stepped supporting tools for stoichiometric problems. *Chemistry Education Research and Practice*, 8, 13-31

McNaught A. D. & Wilkinson A. (1997) Compendium of Chemical Terminology. The Gold Book, Second Edition. <http://old.iupac.org/goldbook/>, <http://old.iupac.org/goldbook/S06026.pdf>, <http://old.iupac.org/goldbook/S06025.pdf>, luettu 9.5.2010.

POPS. (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004. Oppivelvollisille tarkoitetun perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet*. Helsinki: Opetushallitus, 2004.

LOPS. (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003. Nuorille tarkoitetun lukiokoulutuksen opetussuunnitelman perusteet*. Helsinki: Opetushallitus, 2003.

Liikkeelle! -verkkopalvelu tutkivan ja yhteisöllisen oppimisen tueksi yläkouluun ja lukioon

Tiina Hyttinen & Päivi Ojala
Kalajoen lukio



Liikkeelle!

Perinteisesti oppiminen on jaettu oppiaineisiin ja oppiaineet kursseihin. Todellisuus ei kuitenkaan noudata näitä rajoja. Miten yhdistää eri oppiaineiden sisältöjä ja toteuttaa ilmiöpohjaista, tutkivaa oppimista nykypäivän koulussa?

Liikkeelle! on Opetushallituksen rahoittama oppimisympäristöjen kehittämishanke, jolla halutaan vastata tähän haasteeseen. Hankkeessa tuotetaan verkkopalvelu, joka tarjoaa käytännön työkaluja tulevaisuuden oppimiseen yläkoulussa ja lukiossa. Hankkeesta vastaavat Kalajoen lukio ja tiedekeskus Heureka. Yhteistyötä tehdään pilottikoulujen opettajien sekä eri alojen asiantuntijoiden kanssa.

Liikkeelle! -oppimisprojektissa lähtökohtana on nuorten arkiympäristö. Ympäristöä tutkitaan ja arvioidaan eri tieteen- ja taiteenalojen näkökulmista. Yhteistyötä tehdään sekä oppiaineiden välillä että paikallisten asiantuntijoiden ja viranomaisten kanssa. Oppimisen, osallistumisen ja vuorovaikutuksen välineenä käytetään tieto- ja viestintätekniikkaa. Verkkopalvelu tarjoaa oppimisprojektien tueksi menetelmiä ja projekti-ideoita, yhteisöllisen oppimisalustan sekä ohjeita projektinhallintaan ja opetuksen järjestämiseen.

Hankkeen aikana pilotoidaan muun muassa typpidioksidin mittaamista passiivikeräimillä koulun lähiympäristössä. Asiantuntijoiden kanssa yhteistyössä aktivoidaan keräimet ja analysoidaan tulokset. Keskustelu asiantuntijoiden ja koulujen välillä käydään verkkopalveluun sisältyvää Linkki -oppimisympäristöä hyödyntäen.

1. Lähtökohdat

Yhteiskunta, toimintaympäristöt ja osaamistarpeet ovat muuttuneet, mutta koulu on pysynyt lähes samanlaisena viimeiset sata vuotta. Oppiminen on sidottu luokkahuoneisiin ja oppikirjoihin. Opetus on pääosin opettajajohtoista. Todellisuus ei kuitenkaan rajoitu tarkkaan rajattuihin oppiaineisiin eivätkä oppikirjat tarjoa ajankohtaisinta ja ainoaa oikeaa tietoa koulussa opittavista asioista. Oppimista tapahtuu kaikkialla kaiken aikaa! Miksi siis pitäisi rajata kouluoppiminen luokkahuoneisiin, oppikirjoihin tai tarkkarajaisiin oppiaineisiin?

Perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmissa oppiminen nähdään sekä yksilöllisenä että yhteisöllisenä prosessina. Oppija on aktiivinen yksilö, joka vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa käsittelee ja tulkitsee vastaanottamaansa informaatiota. Oppiminen pohjautuu oppijan aiempiin tietorakenteisiin ja on sidoksissa siihen tilanteeseen ja kulttuuriin, jossa oppiminen tapahtuu. Oppiminen voi olla joko oppiaineisiin sidottua tai eheyttävää, laajoihin kokonaisuuksiin pohjautuvaa. Opetuksen eheyttämistä tukevat opetussuunnitelmien aihekokonaisuudet, mutta muuten opetussuunnitelmat tukevat oppiainejakoista opetusta. (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet, 2004 ja Lukion opetussuunnitelman perusteet, 2003)

Tulevaisuudessa perustaitojen kuten lukemisen ja kirjoittamisen rinnalle tulevat entistä voimakkaammin nousemaan oppimaan oppimisen taidot, tiedonhallinta, opitun tiedon soveltaminen, medialukutaidot ja elämänhallinnan taidot. Näitä taitoja ei opita koulussa, jonka toimintakulttuuri korostaa opettajajohtoista ja luokkahuonesidonnaista oppimista. Tieto- ja viestintäteknologia voidaan nähdä yhtenä apuvälineenä rajojen rikkomiseen niin koulun sisällä oppiaineiden välillä kuin koulun ja ulkopuolisten toimijoiden välillä. Teknologia ei kuitenkaan riitä, vaan huomio tulee kiinnittää erityisesti koulun toimintakulttuurin muutokseen. (Kumpulainen & Lipponen, 2010)

Liikkeelle! -toimintamallilla halutaan vastata näihin tulevaisuuden haasteisiin. Verkkopalvelu tukee ilmiöpohjaista, tutkivaa oppimista nuorten arkiympäristössä. Tieto- ja viestintätekniikkaa käytetään oppimisen, osallistumisen ja vuorovaikutuksen välineenä. Keskeisimpinä tavoitteina ovat oppimisen vieminen ulos luokkahuoneista arkiympäristöön ja yhteiskuntaan, osallisuuden ja yhteiskunnallisen vaikuttamisen tukeminen ja yhteistyön lisääminen sekä koulun sisällä että koulun ja muun yhteiskunnan välillä.

2. Arkiympäristö oppimisympäristönä

Liikkeelle! -toimintamallissa arkiympäristö otetaan oppimisen lähtökohdaksi. Luokista lähdetään liikkeelle, tutkimaan arkista ympäristöä luonnontieteiden, yhteiskuntatieteiden ja taiteiden näkökulmista. Oppiminen perustuu opetussuunnitelmaan ja eri oppiaineiden opettajat suunnittelevat ja osin myös toteuttavat opetusta yhdessä. Keskeistä on ihmisen ja ympäristön välinen vuorovaikutus. Miten me ihmiset vaikutamme ympäristöömme? Millä tavoin arkiympäristömme vaikuttaa meihin ja hyvinvointiimme?

Toimintamallissa eri näkökulmat on jaettu teemoiksi. Teemat eivät ole toisiaan poissulkevia vaan esimerkiksi liikennetutkimuksessa voidaan soveltaa samanaikaisesti kaikkia kolmea teemaa. Jokainen koulu valitsee oppimisprojektinsa teemat ja sisällöt omista lähtökohdistaan ja painotuksistaan.



'Ympäristötutkimus' tutkii ympäristöä luonnontieteiden näkökulmasta. Nykyisistä pilottikouluista ympäristötutkimus on korostunut esimerkiksi Kannuksessa, jossa luonnontieteitä on opiskeltu geokätköillä sekä Oulaisten lukiossa, jonka Liikkeelle! -projektissa on tutkittu muun muassa vettä, jäiden sulamista ja ilmansaasteita.



'Sukellus arkeen' kartoittaa arkiympäristöä esimerkiksi kulttuurimaantieteen, psykologian ja taiteen kautta. Teemaan liittyen voidaan toteuttaa esimerkiksi Aikatilapolku-menetelmää, jossa oppijat arvioivat omaa arkista ympäristöään yhden päivän ajan. Päivän aikana pidetään päiväkirjaa ja otetaan valokuvia, joista koostetaan visuaalinen esitys valmiille pohjalle.



’Yhteiskunta, me’ keskittyy lähiympäristön historialliseen muutokseen ja tarkastelee yhteiskunnallista päätöksen tekoa sekä vaikuttamisen keinoja. Hyviä esimerkkejä yhteiskunnallisesta näkökulmaa painottavasta teemasta ovat espoolaisen Etelä-Tapiolan lukion Fillarit liikkeelle! –projekti, jossa lähiympäristöä on havainnoitu polkupyöräilijän silmin sekä Hämeenlinnan Yhteiskoulun projekti, jossa oppimisen lähtökohdaksi on otettu historiallinen koulurakennus.

Keväällä 2009 hankkeen pilottikouluissa testattiin ensimmäisen kerran ilmanlaatumittauksia käyttäen passiivikeräimiä. Diffuusio- eli passiivikeräinten avulla voidaan määrittää kaasumaisten ilmansaasteiden kuten typpidioksidin (NO_2) tai rikkidioksidin (SO_2) pitoisuuksia vähällä vaivalla ja edullisesti. Passiivikeräimen toiminta perustuu ilmansaasteiden diffuusion keräimen absorboivalle pinnalle. Kaasun siirtymisnopeus ilmasta keräysalustalle riippuu kaasun pitoisuudesta ilmassa, diffuusiokertoimesta sekä keräimen geometriasta. Keräysalustaan sitoutuneen epäpuhtauden määrä analysoidaan laboratoriossa. Suodatinpaperin sisältämä typpidioksidi uutetaan tislattuun veteen ja määritetään spektrofotometrisesti. Mittaustuloksesta saadaan laskettua keräysajan keskimääräinen typpidioksidipitoisuus kaavasta:

$$C_0 = \frac{X}{t \cdot D} \cdot \text{Keräinvakio, jossa}$$

C_0 = ulkoilman NO_2 -pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

X = NO_2 -määrä suodattimessa (μg)

t = keräysaika (s)

D = diffuusiokerroin ($D = 1,54 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}^2$, $T = 21^\circ\text{C}$)

Diffuusiokertoimessa otetaan huomioon ilman lämpötilan vaikutus.

$$D = \left(\frac{T}{294,15} \right)^{1,5} \cdot 1,54 \cdot 10^{-5}, \text{ jossa } T \text{ on keskimääräinen keräysajan lämpötila Kelvineinä (K)}$$

Tulokset ovat suuntaa-antavia, eivätkä ne ole täysin vertailukelpoisia jatkuvatoimisiin mittauksiin nähden. (Myllynen, 2009) Menetelmä on käytössä pääkaupunkiseudulla, ja sen on kehittänyt Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY, entinen YTV).

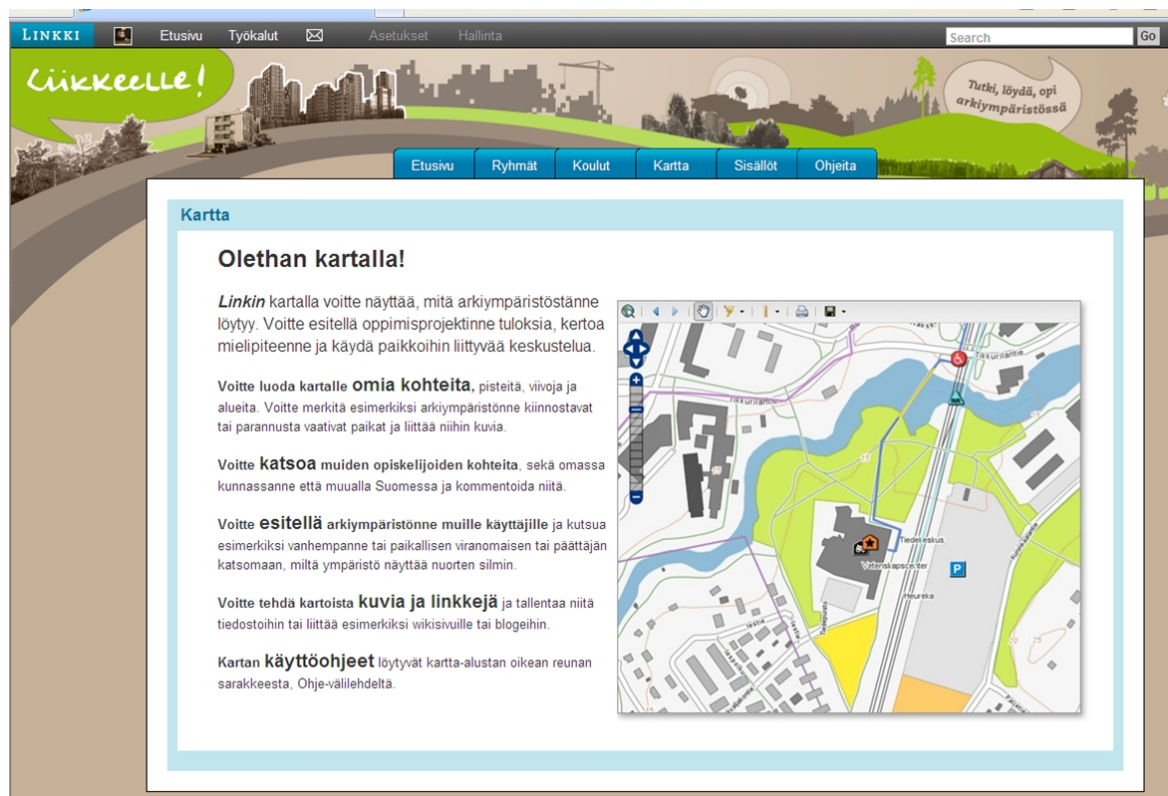
Syksyllä 2010 menetelmää pilotoidaan opetuskäytössä laajemmin, kun typpidioksidipitoisuuksia mitataan 36 koulussa eri puolella Suomea. Keräyksillä selvitetään liikenteen vaikutusta ilman typpidioksidipitoisuuksiin, sillä suurin osa ulkoilman typen oksidien pitoisuuksista aiheutuu liikenteen päästöistä (Myllynen, 2009) Menetelmä soveltuu hyvin Liikkeelle! –toimintamalliin, sillä se kannustaa tutkivaan oppimiseen arkiympäristössä sekä antaa hyvän mahdollisuuden tehdä yhteistyötä eri oppiaineiden välillä ja esimerkiksi paikallisten asiantuntijoiden kanssa. Ilmanlaadun tutkimusta voidaan toteuttaa maantieteessä, biologiassa, kemiassa, terveystiedossa tai näiden yhteistyönä.

3. Tukea verkosta

Työkaluja tulevaisuuden oppimiseen tarjoaa Liikkeelle! –verkkopalvelu, joka sisältää menetelmiä eri oppiaineisiin ja oppiaineiden väliseen yhteistyöhön, ohjeita opetuksen järjestämiseen ja projektinhallintaan sekä yhteisöllisen oppimisympäristön, Linkin.

Verkkopalvelussa kuvatut menetelmät ovat joko valmiita, ohjeistettuja menetelmiä tai idea-asteella olevia esimerkkejä, joita voidaan soveltaa eri oppiaineissa ja oppiaineiden välisessä yhteistyössä. Osaan menetelmistä liittyy myös yhteistyötä paikallisten asiantuntijoiden tai viranomaisten kanssa. Yhteistyöhön on helpompi lähteä, kun on olemassa konkreettinen ja testattu toimintaidea. Menetelmät suunnitellaan yhteistyössä pilottikoulujen opettajien sekä eri alojen asiantuntijoiden kanssa. Muun muassa ilmanlaatumittauksesta tullaan kehittämään yläkouluihin ja lukioihin soveltuva opetusmenetelmä.

Yhteisöllinen oppimisympäristö Linkki tukee tiedon rakentelua ja vuorovaikutusta. Lisäksi se antaa nuorille enemmän toimintamahdollisuuksia kuin perinteisemmät sähköiset oppimisympäristöt. Jokaisella käyttäjällä on oma profiili itsenäistä työskentelyä varten. Yhteistä työskentelyä varten käyttäjät voivat perustaa ryhmiä eri aiheisiin liittyen. Linkki mahdollistaa opetusryhmien ja oppiaineiden välisen yhteistyön koulussa, mutta myös laajemman verkostoitumisen koulujen, opettajien ja yhteistyökumppaneiden välillä. Osana oppimisympäristöä on kartta-alusta, jolle opiskelijat voivat tallentaa ja julkaista tutkimustuloksia, kuvia, kokemuksia ja mielipiteitä elinympäristöstään (ks. kuva 1).



Kuva 1. Oppimisympäristö Linkki tarjoaa mahdollisuuden yhteiseen tiedonrakenteluun, yhteistyöhön, kokemusten jakamiseen sekä havaintojen liittämisen kartta-alustalle.

Syksyllä pilotoitavassa ilmanlaatatutkimuksessa oppimisympäristöön on perustettu oma ilmanlaaturyhmä. Ryhmä toimii materiaalipankkina sekä koulujen ja asiantuntijoiden välisenä tiedotus- ja vuorovaikutuskanavana. Mittauspaikat ja mittaustulokset liitetään kartta-alustalle, jolloin voidaan helposti nähdä missä ilmanlaatua on mitattu ja millaisia arvoja on saatu.

Oppiaineiden yhteistyöhön perustuva projektioppiminen voi olla haaste nykypäivän koulussa, jonka rakenteet eivät useinkaan tue projektioppimista. Tämän vuoksi verkkopalvelu tarjoaa ohjeita ja opastusta projektin suunnitteluun ja hallintaan. Olipa projekti kestoaltaan, laajuudeltaan tai sisällöiltään minkälainen tahansa, tarvitaan projektinhallintaa, jotta projekti tuottaisi toivottuja oppimistuloksia ja onnistumisen kokemuksia.

4. Osallisuus ja yhteistyö

Yhtenä keskeisenä tavoitteena on edistää opiskelijoiden osallisuutta ja aktiivista kansalaisuutta. Kansalaisten osallistumisaktiivisuus demokraattiseen päätöksentekoon vähenee kaikissa länsimaissa. Samalla väestön koulutustaso ja tiedon saatavuus paranevat, ja esimerkiksi sosiaalinen media luo uusia verkostoitumisen ja vaikuttamisen mahdollisuuksia ruohonjuuritasolle.

Keskustelu nuorten ja aikuisten - asiantuntijoiden, viranomaisten ja päättäjien - välillä on yksi keskeisimmistä tavoitteista Liikkeelle! -toimintamallia ja verkkopalvelua kehitettäessä. Vuorovaikutusta nuorten ja aikuisten päättäjien välille luodaan perinteisissä kohtaamisissa, toiminnallisissa työpajoissa sekä yhteisöllisessä oppimisympäristössä. Oppimisprojektin tuotosten julkistaminen ja omien näkemysten esittäminen lisäävät opiskelijoiden motivaatiota ja arvostusta omaa työtä kohtaan.

Kokemus siitä, että nuorten näkemyksistä ollaan kiinnostuneita, on ensimmäinen askel kohti osallisuutta. Kuulluksi tuleminen ja aidot vaikutusmahdollisuudet omaan arkiympäristöön ovat kuitenkin edellytys osallisuuden kokemukselle. Parhaimmillaan syntyy motivaatiota ja taitoja yhteiskunnalliseen osallistumiseen myös tulevaisuudessa.

Ilmanlaatatutkimus on hyvä esimerkki koulun ja asiantuntijoiden välisestä vuorovaikutuksesta ja yhteistyöstä. Keräimet aktivoidaan ja analysoidaan LUMA-keskuksessa yhteistyössä Helsingin seudun ympäristöpalvelujen ja Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen alaisen Harakan luontokoulun kanssa. Linkkiin perustettu ilmanlaaturyhmä toimii kohtaamispaikkana nuorten ja asiantuntijoiden välillä. Se tarjoaa mahdollisuuden keskusteluun ajasta ja paikasta riippumatta. Koulut voivat myös kutsua ryhmään oman alueensa paikallisia asiantuntijoita.

5. Lopuksi

Liikkeelle! on yksi monista eri puolella maata toteutettavista kehittämishankkeista, joilla pyritään uudistamaan koulun toimintakulttuuria. Liikkeelle! –verkkopalvelun vahvuus on se, että se tarjoaa tukea sekä kouluille että yksittäisille opettajille. Käytännön vinkit ja esimerkit auttavat kouluja toimintakulttuurin ja opetusjärjestelyjen muutoksessa pienin askelin. Yksittäinen opettaja voi poimia verkkopalvelusta työkaluja oman työnsä kehittämiseen. Lisäksi se tarjoaa nuorille oppimisympäristön, joka on lähempänä heidän vapaa-aikanaan käyttämiä yhteisöpalveluja kuin sähköisiä oppimisympäristöjä. Linkin vahvuutena on myös monipuolisuus, turvallisuus sekä mahdollisuus verkostoitua koulun seinien ulkopuolelle. Tieto- ja viestintätekniikka ei ole itse tarkoitus vaan sitä käytetään oppimisen tukena silloin, kun sille on olemassa aito pedagoginen tarve.

Valtakunnallinen Liikkeelle! -verkkopalvelu avataan tammikuussa 2011. Verkkopalvelun käyttö on kouluille maksutonta. Verkkopalvelun osoite on www.liikkeelleymparisto.fi.

Lähteet

Kumpulainen, K. & Lipponen, L. (2010). Koulu 3.0 – Kuinka teemme visiosta totta? Kirjassa K. Vähähyppä (toim.), *Koulu 3.0* (s. 6-20). Opetushallitus.

Myllynen, M. (2009). Tutkimus liikenteen tyyppidioksipäästöjen vaikutuksesta ilmanlaatuun. Työohje 24.3.2009. YTV.

Opetushallitus. (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy.

Opetushallitus. (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy.

Minustako tutkija? : Lukion opettajan ja opiskelijan kokemuksia erillisen tutkimusprojektin toteutuksesta aidossa tutkijaympäristössä

Anneli Kauppi & Elina Nissilä
Lucina Hagmanin lukio, Kokkola

Projektin suunnittelu lähti tarpeesta tarjota opiskelijalle mielekästä tekemistä, kun hän halusi suorittaa ylimääräisen laborointikurssin. Syntyi ajatus työskentelystä koulun ulkopuolella ja työelämään tutustumisesta. Yhteydenottoja oli alueen yrityksiin ja teknologiakeskus KETEKiin. Opiskelija (Elina) oli kiinnostunut mm. ympäristön suojeluun, jätteiden käsittelyyn ja kierrätykseen liittyvistä asioista. KETEKistä löytyi sopiva projekti ja Elina pääsi viikon ajaksi tutustumaan tutkimuksen tekoon ja analytiikkaan. Laborointi ja mittausrakenteiden käyttö kehittyivät.

Samalla kypsyi ajatus oman tutkimuksen tekemisestä ja osallistumisesta Suomen Akatemian VIKSU- tiedekilpailuun. Kesäloman kynnyksellä sopivaa tutkimuskohdetta ei tuntunut pyrkimyksistä riippumatta löytyvän. Kontakti Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakouluun johdatti meidät ottamaan yhteyttä Kokkolan yliopistokeskus Chydeniuksen kemian professori Ulla Lassiin. Hän innostui asiasta ja tarjosi yhteistyötä. Projektimme käynnistyi ja yliopistokeskuksessa meneillään olevista tutkimusprojekteista keksittiin omakin tutkimusaihe.

Syksyllä löytyivät lopulliset suuntaviivat tulevalle tutkimukselle. Elina alkoi tutkia erään yrityksen kaasutustuhkalietteen kykyä sitoa vesiliuoksista metalli-ioneja. Projektin edetessä tuli eteen onnistumisia, joskus epäonnistumisia ja yllätyksiä. Kun tarvetta ilmeni, pidimme muutaman kokoavan ja/tai ongelmia avaavan palaverin pysyäksemme aikataulussa. Projektiin kului aikaa noin kolme ja puoli kuukautta, työskentelyä oli viikoittain soviteltuna muun koulutyön kanssa.

Toteutunut projekti oli sekä opettajan että opiskelijan kannalta positiivinen ja rohkaiseva. Elina oppi paljon uutta ja sai kokemusta tutkijan arjesta. Samalla projekti vahvisti hänen suunnitelmiaan mm. jatko-opintojen suhteen. Onnistumisen kannalta oli tärkeää yliopistokeskuksen antama tuki sekä Elinan itsenäinen ja oma-aloitteinen toiminta.

1. Johdanto

Lahjakkaiden opiskelijoiden huomioimiseen, tukemiseen ja opetuksen kehittämiseen tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota kaikilla kouluasteilla. Vuonna 2009 Opetushallitus on käynnistänyt hankkeen, jonka tavoitteena on kehittää lahjakkuutta ja erityisvahvuuksia tukevaa opetusta (Opetushallitus, 2009). Koulujen tarjonnan tulisi olla niin vaihtelevaa ja laadukasta, että se tarjoaisi nuorille mahdollisuuden osoittaa lahjakkuutensa. Kun opetuksessa otetaan huomioon opiskelijoiden kiinnostuksen kohteet, rohkaistaan luovuuteen ja stimuloidaan korkeamman asteista ajattelua, niin myös mahdollisuudet lahjakkuuksien tunnistamiseen kasvavat (Opetushallitus, 2009). Tiedollisten haasteiden tarjoamisen ohella lahjakkaiden opetuksessa on tärkeää huomioida sosio-emotionaaliset seikat (Opetushallitus, 2008). Opiskelijat tarvitsevat keskinäistä kanssakäymistä ja verkottumista. Myös opettajat tarvitsevat vertaistukea, sillä opettaja voi kokea riittämättömyyden tunnetta kohdatessaan erityislahjakkaan opiskelijan. Opettajat tarvitsevat tietoa, tukea ja uusia innovaatioita opetuksen järjestämiseksi (Opetushallitus, 2008).

Lahjakkuuden tukeminen edellyttää myös yhteistyötä koulun ulkopuolisten tahojen kanssa. Yhteistyökumppaneita löytyy mm. korkeakouluista, muista oppilaitoksista, kulttuurilaitoksista ja yrityksistä (Opetushallitus, 2008; SLL:n tavoiteohjelma 2010). Tutustuminen alueen elinkeinoelämään myös auttaa ja motivoi jatko-opintojen suunnittelussa. Tässä artikkelissa esitellään eräs tapa eriyttää lahjakkaan opiskelijan opetusta lukiossa.

2. Projektin toteutus

Opiskelija (Elina) halusi abiturienttivuotenaan suorittaa jatkoa kemian laborointikurssille, joka on koulumme syventävä kurssi. Toteutettu projekti käynnistyi spontaanisti tarpeesta tarjota opiskelijalle lisää syventävää oppiainesta. Koulun ulkopuolinen tutkijaympäristö tuntui sopivan haasteelliselta vaihtoehdolta. Aloitimme työelämään tutustumisen jaksolla KETEK Oy:llä, joka on yritysten osaamisen kehittämiseen erikoistunut teknologiakeskus. Yhtenä erikoistumisen osa-alueena ovat kemian alan teolliset sovellukset. Pidimme aloituspalaverin, jossa pohdimme mikä heidän tutkimusprojekti parhaiten vastaisi opiskelijan kiinnostuksen kohteita. Lukiolaisemme tutustui noin viikon ajan tutkijan työhön ja auttoi mm. mittausten tekemisissä. Näin hänelle tuli tutuksi mm. useat laboratoriossa käytettävät analyysilaitteet.

Elina halusi tehdä pienimuotoisen itsenäisen tutkimustyön, jolla hän voisi myös osallistua Akatemian VIKSU tiedekilpailuun. Olimme yhteydessä useaan tahoon etsiessämme sopivaa yhteistyökumppania. Lopulta yliopistokeskus Chydeniuksen kemian professori Ulla Lassi innostui hankkeesta ja yhteistyömme alkoi. Projekti laitettiin alulle jo kesäkuussa, koulujen kesälomien jo alettua, jotta Elinalle jäisi riittävästi aikaa miettiä oman tutkimuksen aihetta. Hän tutustui yliopistokeskuksella meneillään oleviin tutkimushankkeisiin. Kun sitten elokuun alussa kokoonnuimme ensimmäiseen palaveriin, oma tutkimusaihe alkoi hahmottua keskusteluissa professorin kanssa. Tutkimuksen kohteeksi tuli alueella toimivan CHP-voimalan kaasutustuhkalietteen mahdollinen hyötykäyttö.

Ensimmäiseksi hahmottelimme tutkimussuunnitelmaa ja aikataulutimme projektia. Aikaa kilpailutyön luovuttamiseen oli noin kolme ja puoli kuukautta. Elina tutustui tutkimusryhmän kanssa voimalan toimintaan paikan päällä ja sai näytteeksi tutkittavaa tuhkaa. Tarkoitus oli tutkia mm. tuhkalietteen kykyä sitoa vesiliuoksista eri metalleja käyttäen vertailuna kaupallista aktiivihiiltä. Vaikka Elina sai pääpiirteittäin ohjeet näytteen käsittelystä, hän joutui paljon itsekin kehittämään näytteen esikäsittelyä ja varsinaisen mittauksen valmistelua. Tutkimuksen ajan hän sai käyttää ammattikorkeakoulun laboratoriota ja välineitä. Mittaukset hän teki atomiabsorptiospektrofotometrillä (AAS) ja ionikromatografilla (IC).

Tutkimustyö lähti käyntiin suunnitellun aikataulun mukaisesti. Joustavasti aikataulussa täytyi huomioida Elinan normaali koulutyö sekä syyskuulle ajoittuvat ylioppilaskirjoitukset. Jo ajokortin omaavana Elinan oli helppo kulkea oman koulun ja laboratorion välinen noin 20 kilometrin matka.

Kun muutamia ongelmakohtia ilmeni, kokoonnuimme professorin johdolla luotsaamaan tutkimusta eteenpäin. Tutkimus tarjosi ennakoidusta poikkeavia ja yllättäviäkin havaintoja, mikä teki työstä mielenkiintoisen ja motivoi jatkamaan! Työn loppuvaiheessa IC-laitteen rikkoutuminen aiheutti vähän harmia ja kiirettä. Täten ihan kaikkea suunniteltua ei ehditty ottaa mukaan raportointiin. Kirjallisen osuuden laadintaan oli kuitenkin varattava riittävästi aikaa. Raportin kirjoittamiseen ja viimeistelyyn Elinalla jäi aikaa noin kuukausi.

3. Opettajan ja opiskelijan roolit

Opettaja voi työssään tuoda esille eri vaihtoehtoja ja innostaa opiskelijoita kokeilemaan uudenlaisia toimintatapoja. Yhteyksien luominen muihin oppilaitoksiin ja verkottuminen mm. yritys- ja elinkeinoelämän kanssa auttaa kehittämään uusia oppimisympäristöjä ja toimintamalleja. Opettajan henkinen mukana kulkeminen ja tuki on tärkeää, jotta edellä kuvatun kaltaiset opiskelijan itsenäiset projektit kantavat onnistuneesti loppuun saakka. Opiskelijaa ei pidä jättää yksin vaan jatkuva vuorovaikuttaminen opiskelijan ja yhteistyötahon kanssa takaa onnistuneen lopputuloksen.

Itsenäinen tutkimustyö vaatii nuorelta korkeaa motivaatiota ja oma-aloitteisuutta. Työn aihepiiriin tulee olla sopiva opiskelijan sen hetkiseen tiedolliseen tasoon. Lisäksi opiskelijalta vaaditaan pitkäjännitteisyyttä ja henkistä kypsyyttä kohdata rakentavasti myös eteen tulevat vastoinkäymiset ja kääntää ne voitoksi uskomalla itseensä ja kykyihinsä. Tällaisen projektin läpivieminen on henkisesti kasvattava kokemus, jonka aikana nuori oppii tuntemaan itseään ja rajojaan.

4. Kokemuksia ja johtopäätöksiä

4.1 Opettajan kokemukset

Sopivan tutkimusaiheen löytäminen voi olla haasteellista. Tämän projektin onnistumiseen vaikutti ratkaisevasti yliopistokeskuksen antama tuki. Opiskelija sai apua aiheen valinnassa ja hän sai työskennellä aidossa tutkijaympäristössä. Yhteistyö koulun ulkopuolisen tahon kanssa laajentaa opiskelijan näkökulmaa oppiaineeseen ja hän ymmärtää paremmin sen merkityksen mm. omalle kotiseudulle ja koko yhteiskunnalle. Kytkeä paikalliseen yritykseen ja tulosten mahdollinen soveltamiskelpoisuus yritysmaailmassa varmasti motivoi opiskelijaa projektin aikana.

Opettajan tulee kehittää opetusmenetelmiä ja viedä opetusta myös koulun ulkopuolelle. Yhteyksien solmiminen muiden oppilaitosten sekä yritysten kanssa synnyttää uusia ideoita, lisää opettajien välistä yhteistyötä ja monipuolistaa opettajan työn kuvaa. Positiivinen kokemus auttaa kannustamaan uusia lahjakkaita opiskelijoita vastaavien projektien pariin. Itsenäisen tutkimustyön tekeminen ei kuitenkaan saa olla opiskelijalle ylimääräinen stressin aiheuttaja vaan sen täytyy antaa lisäarvoa opiskelijan arkeen ja työ tulee mitoittaa sen mukaan. Lukiolaisten perehdyttäminen työelämään on tärkeä opiskelumotivaatiota kasvattava tekijä ja sen osuutta lukiossa tulisi lisätä ja kehittää.

4.2 Opiskelijan kokemukset

Projektin toteutus toi opiskelijalle uusia tietoja, taitoja ja kontakteja. Seuraavassa Elinan kirjoittamia kommentteja:

”Tutkimusprojekti yliopistokeskuksella tarjosi lukio-opintoihin kaipaamaani vaihtelua, haasteita ja monipuolisuutta. Tutkimusprojekti toimi tavallaan TET-jaksona, työelämään tutustumisjaksona, selkeyttäen tulevaisuuden jatko-opintosuunnitelmiani ja ajatuksiani minulle sopivista työtehtävistä. Tietotaitoni, itsevarmuuteni ja kontaktini lisääntyivät projektin aikana huomattavasti. Opin ymmärtämään tutkimustyön haasteita ja työn suunnittelun tärkeyttä, ja huomasin, miten valtavasti aikaa tutkimuksen tekeminen vie. Hyvän suunnittelun ansiosta projekti ei kuitenkaan rasittanut lukio-opintojani.”

”Erityisen tärkeänä asiana lukiolaisen kannalta tutkimusprojektin suunnittelussa pidän aiheen valintaa: aiheen tulee olla mielenkiintoinen, mutta ei liian vaativa. Opettajan ja yliopistokeskuksen tuki epäonnistuneiden kokeiden jälkeen oli tärkeää: yhteisissä palavereissa ongelmat ratkesivat nopeasti, ja motivaatio tai innostus tutkimustyön tekemiseen ei päässyt laskemaan.”

Tutkimusprojekti toi mukanaan paljon enemmän tapahtumia ja kokemuksia kuin alussa osasimme kuvitella. Loppuraportin jättämisen aikoihin järjestettiin myös ensimmäinen hakukierros Helsingissä ensimmäistä kertaa järjestettävälle Millennium Youth Camp -tiede-leirille. Elina osallistui hakuun, koska leirin teemat – erityisesti uusiutuva energia – kiinnostivat. Tammikuussa tuli tieto, että hänet oli valittu lähes tuhannen hakijan joukosta toiselle kierrokselle. Nyt omasta tutkimuksesta oli todellista hyötyä, kun hakijoiden tuli toisella hakukierroksella laatia projektisuunnitelma valitsemastaan aihepiiristä. Tutkimusprojektin aikana saadun tietotaidon lisäksi Elina hyötyi tutkimuksen kautta solmimisesta kontakteista. Haastatteleamalla professori Lassin tutkimusryhmää yliopistokeskuksella Elina sai ajankohtaista tietoa uusiutuvan energian tutkimuksesta – sen pohjalta projektisuunnitelman kirjoittaminen oli helppoa. Ikään kuin palkintona koko lukuvuoden työstä Elina tuli valituksi niiden 30 nuoren ryhmään, jotka 6.-13.6.2010 viettivät ikimuistoisen leiriviikon. Nuoret mm. osallistuivat Millennium-teknologiapalkintogaalaan ja tapasivat palkitut tiedemiehet. Leirillä solmitut kontaktit ja ystävyys-suhteet kantavat pitkälle tulevaisuuteen.

Lähteet

Opetushallitus. (2008). Lahjakkaiden opetus Englannissa. Raportti opintomatkastasta Oxfordiin. <http://www.lahjakuus.fi/page3.php>, luettu 2.8.2010.

Opetushallitus. (2009). Lahjakuuden ja erityisvahvuuksien tunnistaminen. Sonja Mäkelä. <http://www.lahjakuus.fi/page10.php>, luettu 2.8.2010.

Suomen lukiolaisten liiton tavoiteohjelma 2010. <http://www.lukio.fi/service.cntum?pageId=113990>, luettu 2.8.2010.

Teollisuus ja koulut yhteistyössä

Päivi Ojala
Kalajoen lukio

Yhteiskunta, toimintaympäristöt ja osaamistarpeet ovat muuttuneet, mutta koulu on pysynyt lähes samanlaisena pitkään. Oppiminen on sidottu luokahuoneisiin ja oppikirjoihin. Opetus on pääosin opettajajohtoista. Todellisuus ei kuitenkaan rajoitu tarkkaan rajattuihin oppiaineisiin eivätkä oppikirjat tarjoa ajankohtaisinta ja ainoaa oikeaa tietoa koulussa opittavista asioista. Oppimista tapahtuu kaikkialla kaiken aikaa! Miksi siis pitäisi rajata kouluoppiminen luokahuoneisiin, oppikirjoihin tai tarkkarajaisiin oppiaineisiin?

Vierailujen taustaa

Kouluopetus oli hyvin pitkään koulurakennuksen sisällä tapahtuvaa toimintaa. Viimeisen opetussuunnitelman perusteiden uudistuksen jälkeen opetus on voimakkaasti siirtynyt koulurakennuksen ulkopuolelle, lähelle arkielämää. Opetuksesta on tullut tarkoituksenmukaista ja oppilaita kiinnostavaa, koska oppitunneilla esitellään asioita käytännön läheisesti ja linkitetään teoria arkielämään sekä korostetaan oman kunnan ja lähialueen mahdollisuuksia.

Oppisisältöjä on alettu täydentää ja elävöittää järkevästi esimerkiksi yritysvierailuilla. Parhaiten yritysvierailu voidaan toteuttaa ylimääräisillä kursseilla, sillä normaalien oppituntien aikana tulee usein ongelmia ajan suhteen. Lukiossa kurssit ovat niin asiapitoisia, että kovin paljon ylimääräiseen ohjelmaan ei ole aikaa. Sopivat vierailukohteet voivat myös olla niin etäällä, että joudutaan käyttämään suuri osa koulupäivästä matkaan ja olemaan pois muiden oppiaineiden tunneilta. Tämä voi hyvinkin aiheuttaa ongelmia joidenkin oppilaiden opiskelun etenemiseen.

Vierailun järjestäminen

Kun koulu pystyy tarjoamaan ylimääräisiä kursseja, näille kursseille osallistujat ovat tyypillisesti aiheesta kiinnostuneita. He ovat motivoituneita ja heidän kanssaan vierailujen tekeminen ei tuota ongelmia. Tällaisten oppilasryhmien sopiva koko on 8-24 oppilasta. Suurempien ryhmien kanssa tehdas- ja yritysvierailut ovat työläitä jo pelkästään liikkumisen mutta tehdasesittelyissä myös kuuluvuuden kannalta.

Suhtautuminen yritysvierailuun

Yrityksissä on suhtauduttu erittäin myönteisesti vierailuihin. Tämä näkyy siinä, että vierailuun on nähty paljon vaivaa. Eri tuotantoprosessien asiantuntijat tulevat esittelemään omaa vastuualuettaan. He ovat esityksessään huomioineet kuulijakunnan ja vastaavat ennalta oppilaiden antamiin kysymyksiin. Keskustelua syntyy asiantuntijoiden ja oppilaiden välillä melko hitaasti. Oppilaat saavat yhdellä kertaa niin paljon tietoa, että

heidän on jonkin aikaa sulateltava tietotulvaa. Toisaalta he ovat antaneet etukäteen yritykselle kysymyksensä. Yhteistyössä yrityksen yhdyshenkilön kanssa on voitu laatia sellainen ohjelma, että opiskelijat voivat oman mielenkiintonsa mukaan käydä tutustumassa tiettyihin kohteisiin. Tämä helpottaa opiskelijoiden aktiivista opastuksen seuraamista.

Esimerkki vierailusta

Metallin elinkaari -kurssilla vierailukohteinani olen pitänyt oman alueeni yrityksiä ja lähiseudulla toimivia metallialan yrityksiä. Olen suunnitellut vierailut sellaisena ajankohtana, jolloin opiskelijoiden ei tarvitse olla pois muiden aineiden oppitunneilta. Tällainen ajankohta on koulussamme järjestetty projektiviikko toisen asteen kouluille. Toisaalta vierailuajankohdtaa sovittaessa on huomioita myös yrityksen toiminta-ajat, jotta opiskelijat voivat nähdä tuotantoprosessin.

Yhteydenotto yritykseen

Ongelmaksi koetaan usein, miten yrityksiin saa yhteyden. Käytännössä kuka tahansa voi työpäivän aikana soittaa suoraan yritykseen ja tiedustella olisiko tutustumisvierailu oppilasryhmän kanssa mahdollista. Tämä vain jää usein toteuttamatta opettajalta kiireisen työpäivän aikana. Esimerkiksi Teknoliateollisuus ry:ltä ja samankaltaisilta organisaatioilta voi saada hyvää apua ja asiantuntemusta koulun ympäristössä olevista yrityksistä. Näistä organisaatioista voidaan jopa neuvotella vierailukohteen kanssa vierailuajankohdasta ja järjestelystä. Opettajien kannattaa liikkua erilaisissa tilaisuuksissa. Niissä tapaa tuttuja, jotka jakavat arvokasta tietoa omista vierailukokemuksistaan. Heiltä voi saada yhteystietoja sekä tietoa siitä, miten yritykseen voi järjestää vierailun.

Palaute yritysvierailusta

Oppilasvierailun jälkeen on hyvä koota palautteet sekä yritykseltä että oppilailta. Oppilaiden tyytyväisyys palkitsee ja kannustaa tutustumaan kohteeseen uudelleen. Toisaalta negatiivinen palautekin on arvokas kehitettäessä mahdollista seuraavaa vierailua. Yleensä olen yritysvierailun jälkeen kohdannut tyytyväisiä opiskelijoita. Opiskelijat ovat osoittautuneet todella hyväkäyttösisiksi nuoriksi vierailun aikana. Opiskelijat ovat kokeneet omakohtaisen kokemuksen ja avanneet silmät näkemään todellisuuden.

II Tutkimusartikkelit

Kehittämistutkimus: Luonnontieteiden luonne lähestymistapana Kemia tieteenä -kurssilla

Veli-Matti Vesterinen & Maija Aksela

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Luonnontieteiden luonne (Nature of Science) kuvaa ymmärrystämme tieteellisestä tiedosta ja tutkimuksesta sekä tieteen, teknologian ja yhteiskunnan vuorovaikutuksesta. Se nähdään nykyään keskeisenä osana luonnontieteellistä yleissivistystä. Luonnontieteen luonteen huomioiminen yleissivistävässä opetuksessa vaatii luonnontieteen luonteen ymmärtäviä ja lähestymistapaan sitoutuneita aineenopettajia. Helsingin yliopiston kemian opettajankoulutusyksikön toteuttaman Kemia tieteenä -kurssin päätavoitteena on lisätä ymmärrystä luonnontieteen luonteesta ja saada taitoja sen sisällyttämiseksi perus- ja lukio-opetukseen. Tässä kehittämistutkimuksessa kuvataan kurssin tavoitteiden ja sisältöjen määrittelemistä ja kehittämistä, kurssilla käytetyn pedagogisen strategian kehittämistä sekä kurssin tutkijaryhmävierailu-tehtävän kehittämistä ja arviointia. Tulokset esitetään kehittämiskuvauksen muodossa. Kurssilla käytetty opetuskehä-malli, jossa kirjallisuuteen tutustuminen, refleктоivan esseen kirjoittaminen, esseen arviointi lähiopetuksen suunnittelemiseksi ja opitun reflektointi yhteistoiminnallisesti seuraavat toisiaan, on yksi käyttökelpoinen malli iteratiivisesti etenevälle kehittämistutkimukselle. Opetuskehän mahdollistama oppimisen jatkuva arviointi mahdollistaa myös tavoitteiden ja sisältöjen reaktiivisen kehittämisen. Kehittämistutkimusprosessin aikana selvisi, että luonnontieteen luonteen opetuksen kehittämiseksi on tunnettava laajasti tieteentutkimuksen kenttää. Luonnontieteen historian, filosofian ja sosiologian tärkeimpien löydösten lisäksi tärkeää osaa luonnontieteen luonteen ymmärtämisessä näyttelivät myös erityistieteiden tutkimus kuten kemian filosofia sekä ihmistieteiden historia, filosofia ja sosiologia.

1. Johdanto

Luonnontieteiden luonne (Nature of Science, NOS) kuvaa mitä tiede on, kuinka tiedemiehet toimivat sekä miten tiede ja yhteiskunta ovat vuorovaikutuksessa (McComas, Clough & Almazroa, 1998). Luonnontieteen luonteen ymmärtäminen on keskeinen osa teknologista ja tieteellistä yleissivistystä ja sen kehittämistä pidetään laajalti yhtenä tiedeopetuksen tärkeimmistä tavoitteista (McComas & Olson, 1998; Hodson, 2003; Matthews, 2004; Adúrix-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009). Jotta luonnontieteen luonteen ymmärrystä voidaan edistää yleissivistävässä opetuksessa, opettajilla tulee olla riittävät tiedot luonnontieteen luonteesta sekä riittävät taidot ja strategioita luonnontieteen luonteen opettamiseen (Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, 1998; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a; Akerson & Abd-El-Khalick, 2003).

2. Kemia tieteenä -kurssi kehittämistutkimuksen kohteena

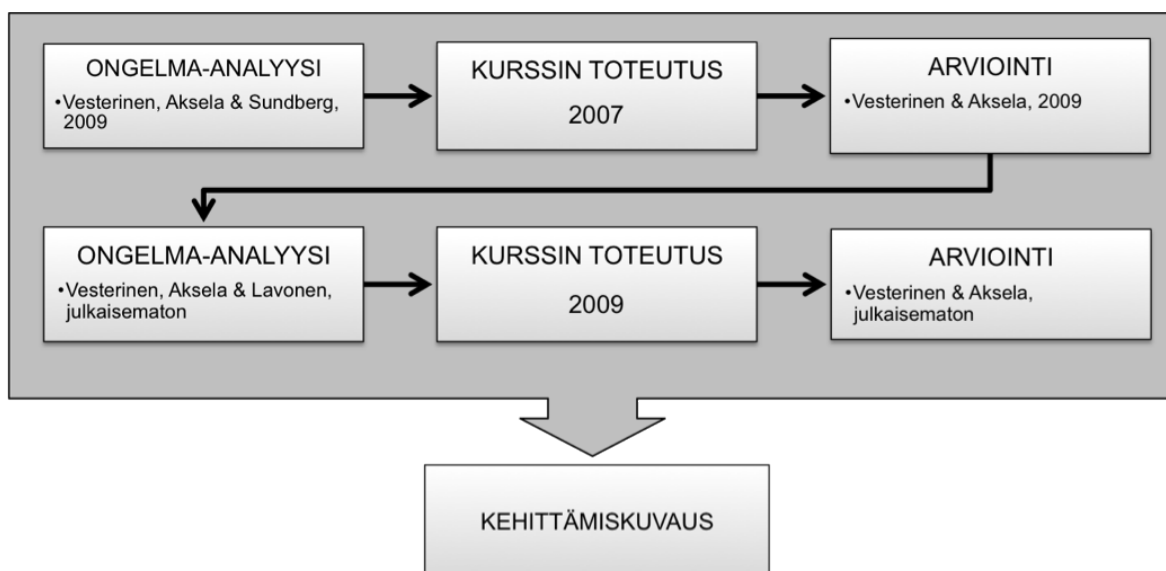
Helsingin yliopiston kemian laitoksen kemian opettajankoulutusyksikön toteuttama Kemia tieteenä -kurssi on ensimmäinen luonnontieteen luonteeseen ja sen opettamiseen keskittyvä kemian opettajankoulutuksen kurssi. Kurssi toteutettiin ensimmäisen kerran syyslukukaudella 2007 ja toisen kerran kaksi vuotta myöhemmin syyslukukaudella 2009. Ensimmäiselle kurssille osallistui 30 ja toiselle 24 kemian opettajaksi opiskelevaa. Kurssi

on osa kemian opetuksen maisteriopintoja ja valtaosa kurssin suorittaneista opiskelijoista ovat olleet opintojensa loppusuoralla.

Suomen ainoana luonnontieteen luonteeseen keskittyvänä kemian opettajankoulutuksen kurssina Kemia tieteenä on ainutlaatuinen tutkimuskohde. Tutkimusaihe on kansainvälisestikin mielenkiintoinen, sillä vaikka viime vuosina on julkaistu useita tutkimuksia, joissa on raportoitu luonnontieteen luonteen ymmärtämiseen ja sen opettamiseen keskittyneiden opettajankoulutuksen kurssien toteuttamista ja tuloksia (esim. Abd-El-Khalick, 2005; Adúrix-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009; Niaz, 2009; Water-Adams, 2006), esimerkiksi tutkijavierailuita kurssin osana ei ole aikaisemmin tutkittu.

Kurssi on kehitetty tutkimuksellisesti kehittämistutkimuksena, jossa kurssin suunnittelun, toteutuksen ja arvioinnin vaiheet seuraavat toistaan. Tavoitteena on dokumentoida opetustapahtuman lopputuloksen lisäksi intervention suunnittelu sekä kehittää malleja tutkittavan asian syvällisemmälle ymmärtämiselle (Design-Based Research Collective, 2003; Cobb et al., 2003; Juuti & Lavonen, 2006).

Tässä artikkelissa raportoitu kehittämistutkimus sisältää kaksi kehittämistutkimuksen kierrosta, joiden aikana: i) suoritettiin ongelma-analyysi, jossa määriteltiin kurssin tavoitteet, sisällöt ja kurssin aikana käytetyt opetusstrategiat, ii) toteutettiin kurssi ja kerättiin data kurssin arvioimiseen ja kehittämiseen sekä iii) arvioitiin kurssin toteutusta. Kurssin suunnitteluun ja arviointiin liittyvät tutkimukset on julkaistu tai julkaistaan erillisinä tutkimusartikkeleina (Vesterinen, Aksela & Sundberg, 2009; Vesterinen & Aksela, 2009, Vesterinen, Aksela & Lavonen, julkaisematon; Vesterinen & Aksela, julkaisematon), joista löytää tarkemman kuvauksen kyseenomaisen tutkimuksen menetelmästä, tuloksista ja johtopäätöksistä.



Kuva 1. Kehittämistutkimuksen vaiheet ja niihin liittyvät osatutkimukset.

Tämä artikkeli raportoi kurssin sisällöt, didaktisten strategioiden kehittämisen ja kurssiin kahden toteuttamiskerran aikana tehdyt muutokset kehittämiskuvauksen (design narrative) muodossa (ks. Juuti & Lavonen, 2006). Kehittämiskuvaus sisältää kuvauksia i) tutkimuksen kohteena olevan kurssin toteutukseen liittyvistä haasteista ja kurssin lopputuloksista, ii) piirteistä jotka edistävät kurssin tavoitteiden toteutumista sekä iii) suunnitteluprosessin toteuttamisesta ja siinä tarvittavasta tiedosta (Edelson, 2002). Tulokset on esitetty kolmessa luvussa (luvut 3-5). Ensimmäinen kuvailee kurssin tavoitteiden ja sisältöjen määrittelyä ja kehittämistä, toinen kurssilla käytetyn opettamiskehän kehittämistä ja kolmas kurssin tutkijaryhmävierailu-tehtävän kehittämistä ja arviointia. Tutkimus vastaa kysymyksiin:

- Miten määriteltiin Kemia tieteenä -kurssin tavoitteet ja keskeiset sisällöt?
- Miten muodostettiin Kemia tieteenä -kurssilla käytetty opetuskehä-strategia ja miten sitä kehitettiin?
- Miten Kemia tieteenä -kurssilla käytettyä tutkijaryhmävierailu-tehtävää arvioitiin ja kehitettiin?

3. Kurssin tavoitteiden ja sisältöjen määrittely

Tutkimuskirjallisuudessa on useita esimerkkejä ja ehdotuksia erilaisista pedagogisista lähestymistavoista luonnontieteen luonteen opettamiseksi (esim. Solomon, Duveen, Scot & McCarthy, 1992; Akerson, Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Bell, Blair, Crawford & Lederman, 2003; Abd-El-Khalick & Akerson, 2004). Fouad Abd-El-Khalickin ja Norman Ledgermanin (2000a) mukaan luonnontieteiden luonteen opetuksessa on nähtävissä kaksi lähestymistapaa: implisiittinen (*implicit*) ja eksplisiittinen (*explicit*). Implisiittisessä lähestymistavassa ymmärrys luonnontieteiden luonteesta kasvaa prosessitaitoja kehittämällä ja tutkimuksellisten tehtävien kautta ilman suoria viittauksia luonnontieteiden luonteeseen. Eksplisiittisessä lähestymistavassa puolestaan luonnontieteiden luonne otetaan opetuksessa tietoisesti esille. Implisiittiseen lähestymistapaan liittyy usein näkemys luonnontieteiden luonteesta affektiivisena tavoitteena kognitiivisen tavoitteen sijaan. Ymmärryksen luonnontieteellisen tiedon luonteesta oletetaan muodostuvan ikään kuin itsestään kokeellista luonnontieteellistä tutkimusta tehtäessä. Aiemman tutkimuksen mukaan luonnontieteen luonteen opetuksessa eksplisiittinen lähestymistapa on implisiittistä strategiaa tehokkaampi (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a ja 2000b).

Eksplisiittinen lähestymistapa edellyttää luonnontieteen luonteen keskeisten sisältöjen määrittelyä. Aiempaa tutkimusta luonnontieteen luonteen keskeisistä ideoista ovat tehneet esimerkiksi Lederman, Abd-El-Khalick, Bell ja Schwartz (2002) sekä Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar ja Duschl (2003). He ovat määritelleet kuitenkin luonnontieteen yleistä luonnetta keskittymättä tietyn tieteenalan kannalta keskeisiin kysymyksiin. Luonnontieteen luonnetta kemian opetuksessa kehittävän kurssin kehittäminen lähti ongelma-analyysillä, jonka perusteella määritettiin kurssin tavoitteet sekä kurssilla käytetyt pedagogiset ratkaisut.

3.1 Ensimmäinen ongelma-analyysi

Teoreettinen ongelma-analyysi tehtiin tutustumalla luonnontieteen luonteeseen ja kemian filosofiaan liittyvään tutkimuskirjallisuuteen (esim. Erduran, 2001; Erduran & Duschl, 2004; Abd-El-Khalick, 2005; Water-Adams, 2006; Lombardi & Labarca, 2007). Empiirinen ongelma-analyysi toteutettiin analysoimalla luonnontieteen luonteen roolia pohjoismaiden valtakunnallisissa opetussuunnitelmissa (Vesterinen et al., 2009), jotka ovat yksi keskeisimmistä opetusta ohjaavia dokumentteja. Ongelma-analyysin perusteella määriteltiin kemian opetuksen näkökulmasta keskeiset luonnontieteen luonteen elementit:

1. Kemia aineen ominaisuuksien sekä rakenteen ja sen muutosten tutkimuksena
2. Mallien merkitys kemiallisten ilmiöiden selittämisessä
3. Tieteellisen tiedon alustavuus
4. Teorioiden ja mallien vaikutus kokeelliseen tutkimukseen
5. Kemian tutkimuksen moninaisuus
6. Kemian sovellutusten merkitys yhteiskunnalle ja elinympäristölle
7. Kemiallisen tiedon ja tutkimuksen vaikutus kulttuuriimme ja maailmankuvaamme
8. Kemiallisen tiedon käyttäminen valintojen yhteiskunnallisissa ja eettisissä perusteluissa
9. Kemian tutkimuksen eettisyys

Kurssin tavoitteita ja sisältöjä muotoiltaessa painotettiin näitä kemian kannalta keskeisiä luonnontieteen luonteen piirteitä. Kurssin sisällöt olivat saman suuntaisia kuin tutkimuskirjallisuudessa aiemmin raportoiduilla luonnontieteen luonteen kursseilla (esim. Abd-El-Khalick, 2005) huomioiden kuitenkin kemian opetuksen erityispiirteet, kuten mallien ja mallintamisen merkitys kemian tutkimuksessa, kemian tutkimuksen moninaisuus ja kemian sovellutusten merkitys yhteiskunnalle ja elinympäristölle (Vesterinen et al., 2009). Ongelma-analyysin pohjalta kurssille suunniteltiin myös reflektiota tukeva pedagoginen lähestymistapa (ks. luku 4).

3.2 Toinen ongelma-analyysi

Ensimmäisen kurssin oppimista analysoitaessa huomattiin, että kurssi ja sillä annetut oppimistehtävät eivät riittävästi kiinnittäneet huomiota tieteen, teknologian ja yhteiskunnan ovat vuorovaikutukseen (Vesterinen & Aksela, 2009). Tämä otettiin lähtökohdaksi, kun ongelma-analyysi toteutettiin uudelleen kehittämistutkimuksen toisella kierroksella (ks. kuva 1). Koska oppikirjat ovat yksi keskeisiä opetusta ohjaavista tekijöistä (Ahtineva, 2000; Abd-El-Khalick, Waters & Le, 2008), empiiristä ongelma-analyysiä laajennettiin analysoimalla Suomen ja Ruotsin kemian lukio-oppikirjojen kuvaa luonnontieteen luonteesta (Vesterinen et al., julkaisematon). Myös teoreettista ongelma-analyysiä laajennettiin huomioimaan aiheeseen liittyvä uusi tutkimustieto (esim. Niaz, 2009; Adúrix-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009).

Tärkein toisen ongelma-analyysin tuoma muutos kurssin sisältöihin oli, että edellisen kurssin arvioinnissa (Vesterinen & Aksela, 2009) ja empiirisessä ongelma-analyysissä (Vesterinen et al., julkaisematon) luonnontieteen opetuksen kannalta tärkeänä elementtinä esiin nousutta kemian yhteiskunnallista ja teknologista ulottuvuutta korostettiin

määrittelemällä ymmärrys tieteen, teknologian ja yhteiskunnan vuorovaikutuksesta yhdeksi kurssin ydintavoitteista. Lisäksi tavoitteisiin lisättiin, että opiskelijan tulisi tuntea modernia kemian tutkimusta sekä akateemisessa että kaupallisessa ympäristössä (ks. taulukko 1).

3.3 Kurssin päämäärät, tavoitteet ja sisällöt

Ongelma-analyysien perusteella muodostettiin kurssin tavoitteet sekä keskeiset sisällöt. Kurssin päämääränä oli, että opiskelija osaisi tulevassa opettajan työssään ottaa luonnontieteen luonteen monipuolisesti huomioon omassa opetuksessaan ja innostaa oppilaitaan kemian opiskeluun. Luonnontieteen luonteen ymmärryksen kehittämisessä ei ole kyse siitä, että opiskelijat omaksuisivat tietyt ennalta määritetyt käsitykset luonnontieteen luonteesta. Edes luonnontieteen luonteen opetuksen kehittäjien keskuudessa ei vallitse yksimielisyyttä tieteen luonteen keskeisistä ideoista (ks. esim. Niaz, 2008). Luonnontieteen luonteen syvälinen ymmärrys perustuu ”oikeiden mielipiteiden” sijaan erilaisten näkökantojen ja argumenttien ymmärtämiseen (Hodson, 2009). Listamaiset luonnontieteen luonteen keskeisten ideoiden luettelot toimivat sisältöjä ja tavoitteita asetettaessa lähinnä ajattelun jäsentäjinä. Kurssin tavoitteisiin pyrittiinkin kirjaamaan väitelauseiden tai ideoiden sijaan aihealueita, joissa ajattelua pyritään kehittämään.

Ensimmäisen ongelma-analyysin perusteella kurssin päätavoitteiksi merkittiin, että kurssin käytyään opiskelija:

- ymmärtää, kuinka kemiallista tietoa ja malleja tuotetaan sekä miten ne kehittyvät.
- ymmärtää, mikä merkitys kemian kokeilla, havainnolla ja tulkinnalla on tieteellisten mallien tuottamisessa ja kehittämisessä.
- osaa keskustella kemian tutkimuksen etiikasta sekä kemian yhteiskunnallisesta merkityksestä.
- tietää, kuinka voi kemian opetuksen suunnittelussa ja opetuksessa soveltaa ymmärrystään kemian luonteesta.
- kehittää opettajan työssä tarpeellisia vuorovaikutus- ja viestintätaitoja.
- saa elämyksiä ja onnistumisen iloa opiskelusta ja oppimisesta.

Toiselle toteuttamiskerralle kurssin päätavoitteisiin lisättiin, että kurssin tulisi antaa opiskelijalle valmiuksia elinikäiseen oppimiseen, joka on yksi suomalaisen aineenopettajakoulutuksen päätavoitteista (Lavonen et al., 2007). Opittavat taidot kuvattiin toisen ongelma-analyysin päätteeksi tiedekunnan ohjeiden mukaisesti sekä ydinaineuksen, täydentävän tietämyksen että erityistietämyksen osalta. Keskeiset tavoitteet ja sisällöt on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Kemia tieteenä kurssin keskeiset tavoitteet ja sisällöt.

Ydinaines

Opiskelija:

- ymmärtää, mitä kemia ja tiede ovat (rajanteko-ongelma sekä tiede produktina, prosessina ja sosiaalisena instituutina)
- ymmärtää kemian mallien luonteen (kausaalisen mallintamisen rakenne) sekä tieteellisen tiedon pysyvyyden ja muuttuvuuden (tieteen kehitysdynamiikka)
- ymmärtää kokeellisen tutkimuksen piirteitä, kuten:
 - havaintojen tulkinnan välttämättömyyden
 - teorioiden ja mallien merkityksen kokeellisessa tutkimuksessa
 - tutkimuksen moninaisuuden
 - luovuuden merkityksen tutkimuksessa
- näkee kemian ja tieteen sosiaalisena instituutina ja ymmärtää mitä se tarkoittaa, sisältäen:
 - tieteen normit ja etiikka
 - vuorovaikutus ja yhteistyö tieteellisessä tutkimuksessa
- ymmärtää, miten kemia tieteenä, teknologia ja yhteiskunta ovat vuorovaikutuksessa
- tuntee syitä kemian luonteen sisällyttämiseen opetuksessa sekä sisältöjen oppimisen tukena että itseisarvoisena
- tuntee eksplisiittisten ja implisiittisten strategioiden hyödyt ja haitat kemian luonteen opetuksessa
- tuntee modernia kemian tutkimusta sekä akateemisessa että kaupallisessa ympäristössä

Täydentävä tietämys

Opiskelija:

- ymmärtää mitä ongelmia kemian ja tieteen määrittelemiseen sisältyy (osaa kritisoida rajanveto-ongelman ratkaisuyrityksiä)
- ymmärtää erilaisia tieteen kehitysdynamiikan kuvauksia (esim. Kuhnin paradigma-teorian ja Lakatosin tutkimusohjelmat)
- ymmärtää kemian keskeisten mallien ja teorioiden historiallisia taustoja
- ymmärtää kokeen, havainnon ja tulkinnan tieteenfilosofisia perusteita, kuten havaintojen teoriapitoisuuden muodot, Duhem-Quine-teesin, teorioiden teoreettinen alimääräytyneisyyden, havaintoaineiston ja ilmiön luonnontieteissä, hiljaisen tiedon ja kokeentekijän regression
- osaa kuvata ja analysoida kemian tutkimuksessa ja opetuksessa kohdattavia eettisiä ongelmia
- ymmärtää, mitä tarkoitetaan autenttisella tiedeopetuksella
- ymmärtää akateemisen ja teollisen kemian tutkimuksen eroja
- osaa hyödyntää tutkimuksellista opetusta (inquiry-based teaching) kemian luonteen opetuksessa
- hallitsee filosofisen lähestymistavan kemian mallien opettamisessa
- osaa keskustella perustellen tieteen etiikasta ja yhteiskunnallisesta merkityksestä
- osaa perustella luonnontieteen luonteen opettamiseksi tekemänsä ratkaisut työyhteisölleen

Eriyistietämys

Opiskelija:

- tietää, millaista tietoa tieteentutkimus tuottaa ja kuinka se kasvattaa tietämystämme tieteistä
- tietää, miten tieteellisten mallien kehittymisellä voidaan perustella opetuksellisia ratkaisuita
- ymmärtää tieteen eettistä ja sosiaalista ulottuvuutta syvällisesti
 - ymmärtää erilaisten eettisten teorioiden erot ja osaa perustellusti kuvata niistä aiheutuvia ristiriitoja kemian tutkimuksessa ja opetuksessa
 - osaa kuvata, miten tutkimuksen normit ovat muuttuneet ajan myötä (tieteen normit, vastanormit ja post-akateeminen tiede)
- osaa erilaisia tapoja järjestää yhteistoiminnallista kemian opetusta huomioiden erilaiset oppimistyyliä ja mielekkään oppimisen kriteerit
- osaa arvioida ja kehittää opetustaan autenttisemmaksi
- osaa keskustella perustellen tieteen tutkimuksen roolista tiedeopetukselle
- osaa opettaa muille työyhteisönsä jäsenille kemian luonteen huomioimista opetuksessa

Kurssin tavoitteet kehittyivät koko kurssin toteutuksen ajan. Kun päämääränä on opettajan pedagoginen taito opetuksen alueella, jossa opettajan tarvitsema tietotaito on vasta alustavasti kuvattu (ks. Aikenhead, 2006), on hyvin vaikeaa kuvata sisällöt hyvin tarkkaan ennen kurssin toteuttamista. Pyrittäessä opiskelijoiden omaehtoisen ajattelun kehittämiseen opetuksen yksittäisiä sisältöjä muutettiin useaan otteeseen kurssien toteutuksen aikana. Tärkeässä asemassa tässä prosessissa olivat oppimistehtävät, joita tarkastaessaan opettajat pystyivät seuraamaan opiskelijoiden ajattelun kehittymistä.

4. Opetuskehä

Tutkimuskirjallisuus oli pohjana myös pedagogisen strategian suunnittelussa. Kurssin suunnittelun aikaan oli jo muutamia kuvauksia vastaavanlaisista kursseista (esim. Abd-El-Khalick, 2005; Water-Adams, 2006). Kurssilla käytetty lähestymistapa perustui näkemykselle, että pelkkä parempi ymmärrys luonnontieteen luonteesta ei välttämättä johda muutokseen opettajan tavassa opettaa (Abd-El-Khalick et al., 1998; Lederman, 1999; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a). Opettajankoulutuksen tulisi tukea myös opettajien taitoja opettaa aihetta ja ymmärrystä luonnontieteen luonteen opetuksen tärkeydestä (Abd-El-Khalick et al., 1998; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a; Akerson & Abd-El-Khalick, 2003). Kehittääkseen pedagogista sisältötietoa aiheen opettamiseksi, opettajat tarvitsevat mahdollisuuksia reflektoida luonnontieteen luonteen opettamisen merkitystä, keskeisiä sisältöjä ja opetusmenetelmiä (Zeidler, 1997; Abd-El-Khalick et al., 1998; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b). Reflektiota tuettiin kurssilla käyttämällä Kolbin oppimiskehän (Kolb & Fry, 1975; Kolb, 1984) inspiroimaa nelivaiheista opetuskehää (ks. Vesterinen & Aksela, 2009). Opetuskehän vaiheet on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Kurssilla käytetty opetuskehä (ks. Vesterinen & Aksela, 2009).

4.1 Opetuskehän ensimmäinen vaihe: Lukeminen

Kehittääkseen ymmärrystään luonnontieteiden luonteesta, opettajat tarvitsevat teoreettisen ja käsitteellisen kehikon pohdinnalleen (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b). Tarvittava kognitiivisen tiedon kehikko rakennettiin antamalla opettajille lukemistoksi luonnontieteen filosofisia, sosiologisia, historiallisia ja psykologisia dimensioita käsitteleviä tekstejä sekä artikkeleita luonnontieteen luonteen opettamisesta. Kurssilukemistoon kuuluivat sovituin osin Kiikerin ja Ylikosken (2004) kirja *Tiede tutkimuskohteena: filosofinen johdatus tieteentutkimukseen*, Sjøbergin (2000) '*Naturvetenskap som allmänbildning - en kritisk ämnesdidaktik*' ja Kovacin (2004), '*The ethical chemist: professionalism and ethics in science*', sekä valittuja aiheeseen liittyviä artikkeleita (esim. McComas 2004; Kolstø, 2008).

Lukemistot eivät perustuneet yksinomaan yleiseen luonnontieteen ja opetuksen tutkimukseen. Koska tieteentutkimuksen ja luonnontieteen luonteen opetuksen tutkimuksen esimerkit ovat usein fysiikan ja biotieteiden aloilta, kemian filosofiaan perustuvat tekstit (esim. Kovac, 2004) tarjosivat tärkeitä esimerkkejä kemian kontekstissa.

Molemmilla toteuttamiskerroilla kurssin ensimmäisellä opetuskehäkierroksella keskityttiin tieteellisen yleissivistyksen perusteluihin ja kemian opetuksen perustelemiseen. Tämän oli tarkoitus muodostaa perusta ymmärtää luonnontieteen tieteen filosofisten ja sosiologisten dimensioiden merkitys tiedeopetuksen tavoitteissa. Johdannon jälkeen fokus siirtyi luonnontieteen luonteen kemian kannalta keskeisiin sisältöihin. Bellin, Ledermanin ja Abd-El-Khalickin (2000) ehdotuksen mukaisesti pedagogisiin dimensioihin keskityttiin enenemässä määrin kurssin loppua kohden. Tämä tarjosi opiskelijoille aikaa sisäistää luonnontieteen luonteen keskeisiä piirteitä ennen niiden opettamisen pohtimista.

Toisella toteuttamiskerralla 2009 reflektion tukena käytettiin myös luonnontieteen käsitysten tutkimiseen käytettyä VOSTS (Views on Science-Technology-Society) -kyselylomaketta (Aikenhead & Ryan, 1992). Opiskelijat vastasivat kyselyyn, vastauksista tehtiin yhteenveto ja yhteenvedon pohjalta käytiin keskustelua erilaisista luonnontieteen luonteen näkemyksistä sekä luonnontieteen luonteen näkemysten kehittymisestä.

Yksi keskeisistä historiallisten ja filosofisten kontekstien puutetta tiedeopetuksessa selittävästä tekijöistä on sopivan opetusmateriaalin puute (Höttecke & Riess, 2009). Toiselle toteutuskerralle opetusmateriaaliin lisättiin *Understanding Science* websivusto (Understanding Science, 2009), joka tarjosi esimerkin luonnontieteen luonteen sisältöjen esittämisestä yleissivistävässä opetuksessa. Lisäksi opiskelijat tekivät kaksi oppimistehtävää, joissa opiskelijat yhteistoiminnallisesti tuottivat uusia ideoita ja materiaalia historiallisten ja filosofisten kontekstien käyttöön kemian opetuksessa.

4.2 Opetuskehän toinen vaihe: Oppimistehtävä

Integroidakseen luonnontieteen luonteen aiheita opetukseensa, opettajat tarvitsevat riittävän ymmärryksen luonnontieteen luonteen keskeisistä kysymyksistä sekä pedagogisia strategioita niiden opettamiseksi (Abd-El-Khalick et al., 1998; Lederman, 1999; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a). Mahdollisuus omaehtoiseen reflektioon on ensiarvoisen tärkeää tällaisen pedagogisen tietotaidon syntymiselle (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a; Abd-El-Khalick & Akerson, 2004). Tämän tukemiseksi opiskelijat kirjoittivat oppimistehtävän muodossa reflektioivia esseitä, joissa he pohtivat oppimaansa aikaisempien kokemuksiensa valossa. Esseet palautettiin ennen lähiopetuskertaa virtuaalisen oppimisympäristön välityksellä.

4.3 Opetuskehän kolmas vaihe: Arviointi

Oppimistehtävät palautuivat kurssin ohjaajille virtuaalisessa oppimisympäristössä. Kurssin ohjaajat arvioivat oppimistehtävät ja antoivat oppimisympäristössä opiskelijoille numeroarvioinnin lisäksi myös sanallista palautetta kaikista tehtävistä. Tämän formatiivisen arvioinnin tavoitteena oli ohjata opiskeluprosessia (Koli & Silander 2002). Tehtäviä lukemalla kurssin ohjaajat pystyivät myös kartoittamaan opiskelijoiden mahdollisia virhekesityksiä tai väärinymmärryksiä ja ottamaan ne huomioon suunnitellessaan lähiopetusta ja seuraavia oppimistehtäviä.

Koska tavoitteena oli, että opiskelijat voivat keskustella aiheesta lähiopetuksessa mahdollisimman pian esseen kirjoitettuaan, useimmat etätehtävät palautettiin vasta päivää ennen lähiopetusta. Tämä aiheutti jonkin verran kiirettä opettajille, joilla oli vain päivä aikaa arvioida essee, antaa siitä palautetta ja kehittää lähiopetuskerran suunnitelmaansa. Tästä syystä henkilökohtainen palaute oppimistehtävästä annettiin joskus vasta lähiopetuksen jälkeen.

Vaikka oppimistehtävien tarkastaminen vaati suhteellisen paljon vaivaa, opiskelijaryhmä oli riittävän pieni yksilölliseen arviointiin. Oppimistehtävissä, jotka esitettiin koko ryhmälle, kokeiltiin myös vertaispalautetta valitsemalla kullekin esitykselle opponetti tai opponentit. Vuoden 2009 kurssilla tutkimusryhmävierailu-tehtävästä vertaispalautetta annettiin myös kirjallisesti ja opponoinnit julkaistiin virtuaalisessa oppimisympäristössä.

4.4 Opetuskehän neljäs vaihe: Reflektioiva keskustelu

Yksi keskeisistä tavoista kehittää luonnontieteen ymmärrystä ja opetuksellisia strategioita on keskustella aiheesta (ks. esim. Zeidler, 1997, Abd-El-Khalick et al., 1998; Abd-El-Khalick and Lederman, 2000b). Lähiopetus koostui pääasiallisesti reflektointia edistävästä yhteistoiminnallisista ryhmätöistä sekä ryhmäkeskusteluista. Joskus kurssikerta sisälsi myös pienimuotoisen opettajajohtoisen luennon, jossa käsiteltiin oppimistehtäviä tarkastettaessa kohdattuja väärinymmärryksiä tai tuotiin keskusteluun uusia näkökulmia. Lähiopetuksessa keskustelua käytiin hyödyntäen erilaisia yhteistoiminnallisia metodeita, joissa opiskelijat tukivat toistensa oppimista jakamalla tietoa, ratkoen yhdessä mahdollisia ongelmia ja ideoimalla yhdessä uutta (ks. Johnson, Johnson & Johnson Holubec, 2002).

5. Tutkimusryhmävierailu-tehtävä

Muodostaakseen luonnontieteen luonteesta autenttisen ja relevanssin kuvan, on hyödyllistä, että opettajalla on mahdollisuus keskustella myös luonnontieteellistä tutkimusta tekevien tiedemiesten kanssa (Caton, Brewer & Brown, 2000; Jeanpierre, Oberhauser & Freeman, 2005). Koska tutkijat eivät välttämättä ole luonnontieteiden luonteen asiantuntijoita (Schwartz & Lederman, 2002), opettajien ja tiedemiesten kohtaaminen voi olla valaisevaa myös opettajat kohtaaville tutkijoille - tapaaminen voi tarjota tutkijalle tuoreita näkökulmia sekä mahdollisuuden arvioida omaa työtään ja koulutustaan (Caton et al., 2000). Tutkimusryhmävierailut, joiden aikana kurssilaiset pääsivät tutustumaan kemian alan tutkijan työhön ja keskustelemaan tutkijan kanssa luonnontieteen luonteesta, olivat keskeinen osa Kemia tieteenä -kurssia molemmilla toteuttamiskerralla. Tutkimusryhmävierailu-tehtävää suorittaessaan opiskelijat jakautuivat pienryhmiin ja etsivät sopivat vierailukohteet itsenäisesti. Vierailuista kirjoitettiin raportit ja niiden keskeinen sisältö esitettiin muulle ryhmälle lähiopetustapaamisissa. Kunkin esityksen jälkeen oli mahdollisuus esittää kysymyksiä ja käydä keskustelua esityksessä nousseista aiheista.

5.1 Tutkimusryhmävierailut ensimmäisellä toteuttamiskerralla

Koska tutkimusryhmävierailuita luonnontieteen luonteen ymmärtämistä ja sen opettamista tukevan kurssin osana ei aikaisemmin oltu tutkittu, ne olivat kurssia arvioitaessa erityisen mielenkiinnon kohteena. Vuoden 2007 kurssin jälkeen tutkimusryhmävierailuiden raporteista tehtiin sisällönanalyysi (Vesterinen & Aksela, 2009), jossa tutkittiin tutkimusryhmävierailun luonnontieteen luonteen eri sisältöjen oppimisen tukena. Raporttien analyysi paljasti, että tutkimusryhmävierailut tukevat useiden luonnontieteen luonteen keskeisten sisältöjen oppimista. Tutkimusryhmävierailut eivät kuitenkaan ole kaikenkattava konteksti luonnontieteen luonteen opetukselle. Tietyille aihealueille kuten luonnontieteellisen tiedon kehittymiselle esimerkiksi historiallinen lähestymistapa voisi sopia paremmin.

5.2 Tutkimusryhmävierailut toisella toteuttamiskerralla

Tutkimusryhmävierailu-tehtävän kehittämisen kannalta ensimmäisen tutkimusryhmävierailun raporttien analysoinnin keskeisin tutkimustulos oli, että lähinnä akateemisiin tutkimusryhmiin toteutetut tutkimusryhmävierailut eivät tarjonneet kovin kattavaa kuvaa tieteen, teknologian ja yhteiskunnan vuorovaikutussuhteista (Vesterinen & Aksela, 2009). Paremmen kokonaiskuvan saamiseksi vierailuita tehtiin vuonna 2009 kaksi: toinen akateemiseen ja toinen kaupalliseen tutkimusryhmään.

Kurssin toisella toteuttamiskerralla tutkimusryhmävierailutehtävän tutkimuksessa keskityttiin opittujen sisältöjen sijaan oppimisprosessin kuvaamiseen. Tutkimusryhmävierailu-tehtävän oppimisprosessia päätettiin arvioida mielekkään oppimisen teorian näkökulmasta. Tutkimuksen aineisto kerättiin seitsemällä ryhmähaastattelulla (ks. Kvale, 1996). Kaikki 24 kurssin suorittanutta osallistuivat haastatteluihin ja kussakin haastatteluryhmässä oli kahdesta neljään opiskelijaa.

Tutkimusaineisto analysoitiin teoriasuuntaavan sisällönanalyysin menetelmällä (Hsieh & Shannon, 2005). Mielekkään oppimisen tuntomerkit (Jonassen, 1995, 2000; Nevgi & Tirri, 2001; Karppinen, 2005; Hakkarainen, Saarelainen & Ruokamo, 2007) valittiin sisällönanalyysin teoreettiseksi pohjaksi, sillä ne tarjoavat riittävän laaja-alaisen perspektiivin arvioimaan hyvin monenlaisia oppimisprosesseja (Hakkarainen et al., 2007). Tutkimuksen mukaan tutkijavierailutehtävän mielekkyys perustuu tehtävän: i) teoriapohjaisuuteen, eli siihen miten tehtävässä hyödynnettiin aiemmin opittua teorialtietoa ja kuinka opittu voidaan liittää omaan opettamiseen; ii) haastattelumuotoisuuteen, joka mahdollisti yksilöllisen ja omaehtoisen keskustelun asiantuntijoiden kanssa, iii) ryhmätyömuotoisuuteen, joka tuki myös uusien näkökulmien esilletuloa, sekä iv) tehtävänannon avoimuuteen, joka lisäsi tehtävän aktiivisuutta, itseohjautuvuutta ja yksilöllisyyttä. Toisaalta tehtävänannon avoimuus koettiin myös ongelmallisena, sillä osalla opiskelijoista oli ongelmia tutkijaryhmävierailun sopimisessa sekä sopivien luonnontieteen luonteen ymmärtämisen kannalta merkityksellisten kysymysten teossa. Lisäksi tieteenteon inhimillisiin dimensioihin liittyvien kysymysten teko koettiin kiusallisena. Osa opiskelijoista jopa arveli, että tieteen epävarmuuden ja sosiaalisten dimensioiden esiintuominen omassa opetuksessa toteutetuissa tutkimusvierailuissa saattaisi johtaa myös oppilaiden mielenkiinnon hiipumiseen, kun he eivät enää luottaisi tieteeseen. (Vesterinen ja Aksela, julkaisematon)

6. Johtopäätökset ja pohdinta

6.1 Pohdintaa kurssin tavoitteiden ja sisältöjen määrittelystä

Vaikka yksimielisyyttä luonnontieteen luonteen keskeisistä piirteistä ei ole saavutettu, tutkijat ovat saavuttaneet jonkinlaisen konsensuksen luonnontieteen luonteen keskeisistä kysymyksistä (Abd-El-Khalick, 1998). Kuvaukset luonnontieteen luonteen keskeisistä kysymyksistä ja aiemmat kuvaukset luonnontieteen luonteen ymmärryksen ja opettamisen kehittämisestä antoivatkin hyvän pohjan muodostaa kurssin tavoitteet. Myös kemiaan keskittyvä tieteentutkimus (kemian filosofia) vaikutti kurssin keskeisten tavoitteiden ja sisältöjen muodostamiseen (ks. luku 3) sekä tuki kemian kannalta merkityksellisten esimerkkien löytämistä (ks. luku 4.2). Kehitettäessä kontekstin huomioivaa luonnontieteen luonteen opetusta, kannattaa ongelma-analyysin tulosten valossa huomioida myös kyseisen tieteen erityispiirteet.

Osa opiskelijoista koki luonnontieteen luonteeseen liittyvän kuvan tieteen epävarmuudesta ja inhimillisistä dimensioista jopa uhkaksi (ks. luku 5.2). Jotta välttyään tarpeettomalta peloilta, luonnontieteen luonteen kurssilla kannattaa käydä avoimesti keskustelua siitä, mikä on kurssin tavoite ja millaista on kurssilla opiskeltava tieto. Koska tietomme luonnontieteen luonteesta perustuu pitkälti filosofiaan ja ihmistieteisiin, luonnontieteellisen tiedon syvälinen ymmärtäminen vaatii myös jonkin verran tutustumista näiden alojen perusolettamuksiin ja traditioon.

Lähempi tutustuminen ihmistieteen perusolettamuksiin ja traditioon voi edistää opettajuutta myös muilla tavoin. Aineenopettajien tulisi olla paitsi opettamansa aineen myös kasvatustieteen asiantuntijoita (Lavonen et al., 2007). Parempi ymmärrys

ihmistieteen metodeista ja tiedon luonteesta voi laajentaa myös opiskelijoiden kasvatustieteellistä ymmärrystä, kun he ymmärtävät paremmin tieteenalan luonnetta.

6.2 Pohdintaa opetuskehän käytöstä suunnittelututkimuksessa

Opetuskehä mahdollisti oppimisprosessin jatkuvan seurannan (ks. luku 4). Opiskelijoiden refleктоivista esseistä pystyi muodostamaan kokonaiskuvan opiskelijoiden oppimisesta, joka helpotti opetuksen suunnittelua. Esseitä voi käyttää myös systemaattisempaan tutkimukselliseen oppimisen arviointiin, kuten tehtiin tutkimusryhmävierailu-tehtävässä (ks. luku 5.1). Lukuisat essee tarjosivat mielenkiintoisen näkymän opiskelijoiden näkemyksiin sekä runsaasti tutkimusaineistoa. Kehittämistutkimus on iteratiivinen prosessi, jossa toteuttamisen aikana arvioidaan jatkuvasti kurssin onnistumista ja kehitetään uutta (ks. Edelson, 2002). Koska arviointi on jatkuvaa ja arvioinnissa tehdyt havainnot on mahdollista huomioida lähes välittömästi opetuksessa sekä opetuksen tavoitteissa, opetuskehämäinen rakenne on yksi käyttökelpoinen malli iteratiivisesti etenevälle kehittämistutkimukselle.

Kurssin opetusmuotojen joustavuus mahdollistaa kurssin ja opetustavan muunnettavuuden ja siirrettävyyden. Koska oppimiskehän vaiheista yleensä vain yksi (keskustelu) toteutettiin lähiopetuksena (ks. luku 4), opetuskehä-mallilla voidaan toteuttaa pienin muutoksin kokonaan virtuaalisessa oppimisympäristössä. Opetuskehää voitaisiin käyttää esimerkiksi työn ohessa suoritettavassa etä- ja verkko-opetusta hyödyntävässä täydennyskoulutuksessa.

Oppimiskehän käyttöön liittyvä haaste on oppimistehtävien arviointivaiheen vaatima aika. Yksi mahdollinen tapa vähentää opettajien arviointityötä olisi käyttää oppimistehtävissä itse- ja vertaisarviointia. Mielenkiintoinen jatkotutkimuskysymys onkin, kuinka itse- ja vertaisarviointi toimii luonnontieteen luonteen opetuksen kontekstissa, jossa opittavat asiat ja käsitteet ovat opiskelijoille osin hyvin vieraita ja väärinymmärryksiä tapahtuu usein.

6.3 Pohdintaa tutkimusryhmä-vierailun kehittämisestä

Kemian opettajaopiskelijoille annetun tutkimusryhmävierailu-tehtävän haastattelumuotoisuus, ryhmätyömuotoisuus ja tehtävänannon avoimuus tukivat oppimisen mielekkyyttä (ks. luku 5.2). Koska mielekkyys perustui myös teoriapohjaisuudelle eli aikaisemmin opitulle tiedolle, tutkimusryhmävierailun paikka kurssin loppupuolella, kun teoretietoa on jo jonkin verran opiskeltu, lienee perusteltu. Teoriapohjaisuuden vuoksi on kuitenkin vaikea arvioida, miten hyvin avoimet yhteistoiminnallisesti toteutettavat tutkimusryhmähaastattelut toimisivat jossain muussa yhteydessä kuten lukio-opetuksessa.

Lähteet

- Abd-El-Khalick, F. (2005). Developing Deeper Understandings of Nature of Science: The Impact of a Philosophy of Science Course on Preservice Science Teachers' Views and Instructional Planning. *International Journal of Science Education*, 27, 15–42.
- Abd-El-Khalick, F. & Akerson, V. L. (2004). Learning about Nature of Science as Conceptual Change: Factors that Mediate the Development of Preservice Elementary Teachers' Views of Nature of Science. *Science Education*, 88, 785–810.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Lederman, N. G. (1998). The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural Natural. *Science Education*, 82, 417–436.
- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000a). Improving Science Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Critical Review of the Literature. *International Journal of Science Education*, 22, 665–701.
- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000b). The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 1057–1095.
- Abd-El-Khalick, F., Waters, M. & Le, A-P. (2008). Representations of Nature of Science in High School Chemistry Textbooks over the Past Four Decades. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 835–855.
- Adúrix-Bravo, A. & Izquierdo-Aymerich, M. (2009). A research-Informed Instructional Unit to Teach the Nature of Science to Pre-Service Science Teachers. *Science & Education*, 18, 1177–1192.
- Ahtineva, A. (2000). *Oppikirja – tiedon välittäjä ja opintojen innoittaja?* Turku: Turun yliopisto.
- Aikenhead, G. S. (2006). *Science Education for Everyday Life: Evidence-based Practice*. New York, NY: Teachers College, Columbia University.
- Aikenhead, G. & Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument “Views on Science–Technology–Society” (VOSTS). *Science Education*, 76, 477–491.
- Akerson, V. L. & Abd-El-Khalick, F. (2003). Teaching elements of nature of science: A Yearlong Case Study of a Fourth Grade Teacher. *Journal of Research Science Teaching*, 40(10), 1025–1049.
- Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000). Influence of a Reflective Explicit Activitybased Approach on Elementary Teachers' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research Science Teaching*, 37(4), 295–317.
- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A. & Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of a Science Apprenticeship Program on High School Students' Understandings of the Nature of Science and Scientific Inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 487–509.
- Bell, R. L., Lederman, N. G. & Abd-El-Khalick, F. (2000). Developing and Acting upon One's Conception of the Nature of Science: A Follow up Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 536–581.

- Caton, E., Brewer, C. & Brown, F. (2000). Building Teacher – Scientist Partnerships: Teaching about Energy Through Inquiry. *School Science and Mathematics*, 100 (1), 7–15.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13.
- Design-Based Research Collective. (2003). Design-based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8.
- Edelson, D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11, 105–121.
- Erduran, S. (2001). Philosophy of Chemistry: An Emerging Field with Implications for Chemistry Education. *Science & Education*, 10, 581–593.
- Erduran, S. & Duschl, R. 2004, Interdisciplinary Characterization of Models and the Nature of Chemical Knowledge in the Classroom. *Studies in Science Education*, 40, 111–144.
- Hakkarainen, P., Saarelainen, T. & Ruokamo, H. (2007). Towards meaningful learning through digital video supported, case based teaching. *Australasian Journal of Educational Technology*, 23(1), 87–109.
- Hodson, D. (2003). Time for Action: Science Education for an Alternative Future. *International Journal of Science Education*, 25, 645–670.
- Hodson, D. (2009). *Teaching and Learning about Science: Language, Theories, Methods, History, Traditions and Values*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Höttecke, D. & Riess, F. (2009). *Developing and Implementing Case Studies for Teaching Science with the Help of History and Philosophy: Framework and Critical Perspectives on 'HIPST' – a European Approach for the Inclusion of History and Philosophy in Science Teaching*. Paper presented at the Tenth International History, Philosophy, and Science Teaching Conference, University of Notre Dame, South Bend, USA. June 24–28, 2009.
- Hsieh, H-F. & Shannon, S. E. (2005). Three Approaches to Qualitative Content Analysis. *Qualitative Health Research*, 15, 1277–1288.
- Jeanpierre, B., Oberhauser, K. & Freeman, C. (2004). Characteristics of Professional Development That Effect Change in Secondary Science Teachers' Classroom Practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 668–690.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T. & Johnson Holubec, E. (1990). *Circles of Learning: Cooperation in the Classroom*. Edina, MN: Interaction Book Company.
- Jonassen, D. H. (1995). Supporting communities of learners with technology: A vision for integrating technology with learning in schools. *Educational Technology*, 35(4), 60–63.
- Jonassen, D. H. (2000). *Computers as mindtools for schools. Engaging critical thinking*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Juuti, K. & Lavonen, J. (2006). Design-Based Research in Science Education. *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, 3, 54–68.

- Karppinen, P. (2005). Meaningful learning with digital and online videos: Theoretical perspectives. *Association for the Advancement of Computing In Education Journal*, 13(3), 233-250.
- Khishfe, R. & Abd-El-Khalick, F. (2002). The Influence of Explicit Reflective versus Implicit Inquiry-oriented Instruction on Sixth Graders' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 551-578.
- Kiikeri, M. & Ylikoski, P. (2004). *Tiede tutkimuskohteena – filosofinen johdatus tieteen tutkimukseen*. Helsinki: Gaudeamus Kirja.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning*. Englewood Cliffs. NJ: Prentice Hall.
- Kolb, D. A. & Fry, R. (1975). Toward an Applied Theory of Experiential Learning. Teoksessa C. Cooper (toim.), *Theories of Group Process* (s. 33-57). London: John Wiley.
- Koli, H. & Silander, P. (2002). *Oppimisprosessin suunnittelu ja ohjaus*. Hämeenlinna: Hämeenlinnan ammattikorkeakoulu.
- Kolstø, S. D. (2008). Science Education for Democratic Citizenship Through the Use of the History of Science. *Science & Education*, 17, 977-997.
- Kovac, J. (2004). *The ethical chemist: professionalism and ethics in science*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Kvale, S. (1996). *InterViews: An Introduction to Qualitative Research Interviewing*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Lavonen, J., Krzywacki-Vainio, H., Aksela, M., Krokfors, L., Oikkonen, J. & Saarikko, H. (2007). Pre-service Teacher Education in Chemistry, Mathematics and Physics. Kirjassa E. Pehkonen, M. Ahtee & J. Lavonen (toim.), *How Finns Learn Mathematics and Science* (s. 49-67). Rotterdam: Sense Publishers.
- Lederman, N. G. (1999). Teachers' Understanding of the Nature of Science and Classroom Practice: Factors that Facilitate or Impede the Relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Schwartz, R. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497-521.
- Lombardi, O. & Labarca, M. (2007). The Philosophy of Chemistry as a New Resource for Chemistry Education. *Journal of Chemical Education*, 84, 187-192.
- Matthews, M. R. (2004). Thomas Kuhn's impact on science education: What lessons can be learned? *Science Education*, 88, 90-118.
- McComas, W. F. (2004). Keys to Teaching the Nature of Science. *The Science Teacher*, 11/2004, 24-27.
- McComas, W. F., Clough, M. P. & Almazroa, H. (1998). A review of the role and character of the nature of science in science education. Kirjassa W. F. McComas (toim.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* (s. 3-39). Dordrecht: Kluwer.

- McComas, W. F. & Olson, J. K. (1998). The Nature of Science in International Science Education Documents. Kirjassa W. F. McComas (toim.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* (s. 41–52). Dordrecht: Kluwer.
- Niaz, M. (2008). What ‘ideas-about-science’ should be taught in school science? A chemistry teachers’ perspective. *Instructional Science: An International Journal of the Learning Sciences*, 36, 233–249.
- Niaz, M. (2009). Progressive Transitions in Chemistry Teachers’ Understanding of Nature of Science Based on Historical Controversies. *Science & Education*, 18, 43–65.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What ‘Ideas-about-Science’ Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Education*, 40, 692–720.
- Schwartz, R. S. & Lederman, N. G. (2002). “It’s the Nature of the Beast”: The Influence of Knowledge and Intentions on Learning and Teaching Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 205–236.
- Sjöberg, S. (2000). *Naturvetenskap som allmänbildning – en kritisk ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.
- Solomon, J., Duveen, J., Scot, L. & McCarthy, S. (1992). Teaching about the nature of science through history: action research in the classroom, *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 409–421.
- Understanding Science (2010). University of California Museum of Paleontology. <http://www.understandingscience.org>.
- Vesterinen, V-M. & Aksela, M. (2009). A novel course of chemistry as a scientific discipline: How do prospective teachers perceive nature of chemistry through visits to research groups? *Chemical Education Research and Practice*, 10, 132–141.
- Vesterinen, V-M., Aksela, M. & Sundberg, M. (2009). Nature of chemistry in the national frame curricula for upper secondary education in Finland, Norway and Sweden. *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, 5, 200–212.
- Vesterinen, V-M. & Aksela, M. (julkaisematon). Meaningful learning in the context of nature of chemistry through visits to research groups.
- Vesterinen, V-M., Aksela, M. & Lavonen, J. (julkaisematon). *Nature of science aspects in Finnish and Swedish upper secondary school chemistry textbooks*.
- Waters-Adams, S. (2006). The Relationship between Understanding the Nature of Science and Practice: The Influence of Teachers’ Beliefs about Education, Teaching and Learning. *International Journal of Science Education*, 28, 919–944.
- Zeidler, D. L. (1997). The Central Role of Fallacious Thinking in Science Education. *Science Education*, 81, 483–496.

Kemian mallit ja visualisointi -kurssin yhteisöllinen uudistaminen malliteoriaan pohjautuvalla kehittämistutkimuksella

Johannes Pernaa, Maija Aksela & Jenni Västinsalo

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Tässä artikkelissa raportoidaan ensimmäinen osa tutkimuksesta, jonka päätavoitteina on kehittää sekä Kemian mallit ja visualisointi -kurssia että kehittämistutkimusta tutkimusmenetelmänä. Kehittämisestä vastasivat kolme tutkijaa, jotka toimivat myös kurssin opettajina. Tutkimus sisälsi kaikkia kehittämistutkimuksen ydinosa-alueita, joita ovat ongelma-analyysi, kehittämisprosessi ja kehittämistuotos. Kehittäminen koostui malliteorian neljästä vaiheesta: 1) historiallisen kurssimallin analysointi itsenäisesti, 2) sisäisen mallin rakentaminen itsenäisesti, 3) sisäisen mallin julkistaminen pienryhmässä ja 4) yhteisymmärrysmallin rakentaminen yhteisöllisesti. Ensimmäisessä ongelma-analyysissä kurssiin liittyvät mahdollisuudet ja haasteet kartoitettiin tutkimalla edellisiä kurssikertoja. Ongelma-analyysin pohjalta tutkijat muodostivat kehittämisprosessista ja -tuotoksesta sisäiset mallit, jotka julkistettiin tutkijoiden kesken pienryhmässä. Julkisia malleja testattiin ja jatkojalostettiin kohti tutkijoiden välistä yhteisymmärrystä. Tutkimuksesta saatiin kolme päätulosta. Kurssin mahdollisuuksia ovat tutkimukseen pohjautuvat sisällöt ja käytäntöä tukevat työskentelytavat, kun taas haasteita ovat ohjaajien suuri työtaakka, opiskelijoiden ohjaaminen sekä tavoitteiden ja toiminnan välinen vuorovaikutus. Kehittämisen tuloksena kurssin mahdollisuuksia pyrittiin tukemaan ja haasteisiin vastaamaan tekemällä kurssiin sisällöllisiä, tavoitteellisia ja rakenteellisia muutoksia, joiden tavoitteena oli antaa opiskelijoille valmiuksia tukea kemian oppimista mallinnuksen avulla valtakunnallisten opetussuunnitelmien tavoitteiden mukaisesti. Kolmantena päätuloksena kehitettiin uusi opetuksen kehittämiseen soveltuva tutkimusmenetelmä, jossa kehittäminen tapahtuu yhteisöllisesti malliteoriaan pohjautuen.

1. Johdanto

Tutkimusperustainen opetus on yksi suomalaisen opettajankoulutuksen keskeisistä tavoitteista (Jakku-Sihvonen & Niemi, 2006). Kemian opetuksen kehittämisessä tärkeää on tutkimusperustaisuus, jolloin kehittäminen kohdistuu sekä opettamiseen että oppimiseen (Aksela, 2010). Kemian opetus ja sen tutkimuksen tärkeys on huomioitu myös Helsingin yliopiston Kemian laitoksen tutkimusstrategiassa, sillä se oli vuosina 2007-2009 yksi laitoksen tutkimuspainopistealueista (Kemian laitos, 2006).

Kemian mallit ja visualisointi -kurssi on kemian aineenopettajaopiskelijoille suunnattu syventävä kurssi, jolla on kahdeksan vuoden mittainen historia. Kurssia on kehitetty vuosittain tasaisesti vuosien 2002-2006 aikana, mutta viimeisintään vuonna 2008 täytäntöönpannut tutkinnonuudistus toi mukanaan merkittäviä uusia haasteita: Esimerkiksi kurssin laajuus kasvoi kahdesta opintoviikosta (ov) viiteen opintopisteeseen (op), arviointi tuli muuttaa hyväksytty/hylätty -asteikosta numerolliseen ja kurssista tuli pakollinen kemiaa pääaineenaan opiskeleville opettajaopiskelijoille, mikä lisäsi kurssilaisten määrää huomattavasti aikaisempaan nähden.

Tässä artikkelissa raportoidaan kehittämistutkimus, jonka tavoitteena on kehittää sekä Helsingin yliopiston Mallit ja visualisointi -kurssia tukemaan kemian opetuksen tavoitteita

ja tarpeita että myös kehittämistutkimusta tutkimusmenetelmänä. Tutkimuksessa kehittäminen toteutetaan yhteisöllisesti malliteoriaan pohjautuen. Näin myös pyritään antamaan selkeä kuvaus kehittämisen etenemisestä. Tutkimuksen teoreettinen viitekehys on nostettu kehittämistutkimuksen Edelson, (2002) ja mallikäsitteen (Gilbert, Boulter & Elmer, 2000) teorioista.

Mallin ontologisen statuksen muutokseen pohjautuen, kehittäminen toteutettiin neljässä vaiheessa: 1) historiallinen malli, 2) sisäinen malli, 3) julkinen malli ja 4) yhteisymmärrysmalli. Kehittämisprosessin visualisoinnissa on käytetty tutkimuksen luottavuuden nostamiseksi käsitekarttoja, joita käytetään muun muassa oppimisen, opetuksen, tiedon esittämisen tai tutkimuksen tukena relaatioiden ja kokonaisuuksien visualisoinnissa (ks. esim. Novak, 1998).

Artikkelissa raportoidaan Kemian mallit ja visualisointi -kurssin kehittämisen mahdollisuudet ja haasteet sekä kehittämistyön aikana tehdyt muutokset. Artikkelin lopussa luodaan myös lyhyt katsaus tulevaisuudessa suoritettavaan kehittämistutkimuksen toiseen osaan.

2. Kehittämistutkimuksen teoria

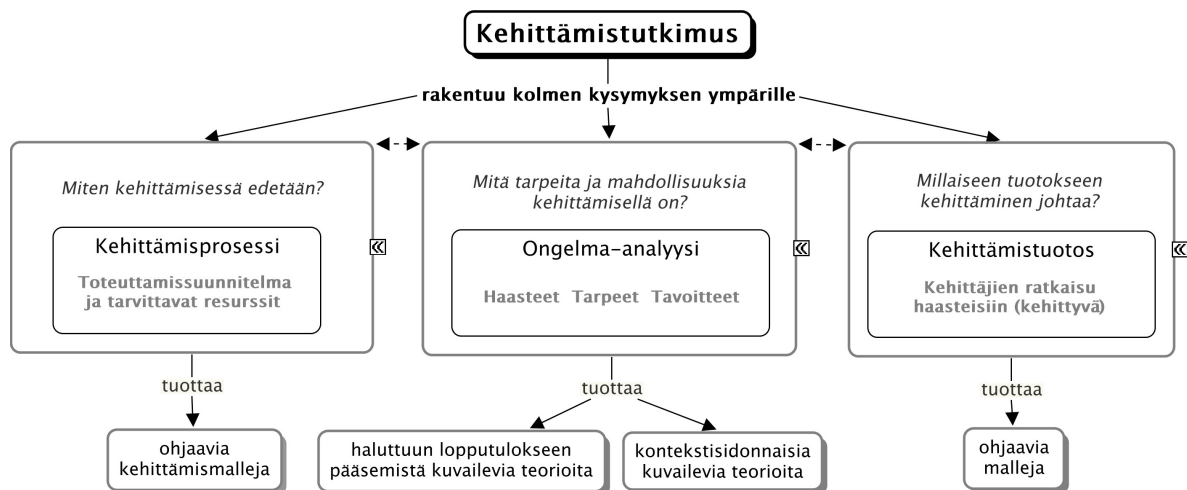
Kehittämistutkimus on tutkimusmenetelmä, jossa yhdistyvät kehittäminen ja tutkiminen teoreettisia ja kokeellisia vaiheita sisältävässä syklisessä prosessissa (Edelson, 2002). Wangin ja Hannafin (2004) mukaan kehittämistutkimus voidaan määritellä metodologiaksi, jonka tavoitteena on kehittää opetusta todellisissa tilanteissa systemaattisesti, joustavasti ja iteratiivisesti jatkuvan arvioinnin ja kehittämisen kautta hyödyntäen erilaisten sidosryhmien asiantuntijuutta.

Kehittämistutkimus on nuori tutkimusmenetelmä. Opetuksen tutkimuksessa kehittämistutkimuksia on tehty vasta 90-luvun alkupuolelta lähtien (Brown, 1992; Collins, 1992). Tutkimusmenetelmä on syntynyt tarpeesta kehittää opetusta ja oppimisympäristöjä oppijan tarpeiden näkökulmasta. Tämä pitää sisällään muun muassa konstruktivistisia ja kontekstuaalisia vaikutteita. Myös tieto- ja viestintätekniikan (TVT) nopea kehittyminen ja mielekäs integrointi opetukseen loivat tarvetta uudentyyppiselle tutkimusmenetelmälle. (Brown, 1992) Viimeisimmän 20 vuoden aikana kehittämistutkimuksesta on julkaistu useita artikkeleita, joissa tarkastellaan kehittämistutkimuksen historiaa, metodologiaa ja erilaisia toteuttamismalleja (Barab & Squire, 2004; Bell, Hoadley & Linn, 2004; Brown, 1992; Cobb, 2001; Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer & Schauble, 2003; Collins, Joseph & Bielaczyc, 2004; Dede, 2004; Design Research Collective, 2003; diSessa & Cobb, 2004; Edelson, 2002; Hoadley, 2004; Joseph, 2004; Juuti & Lavonen, 2006; Kelly, 2004; O'Donnell, 2004; Sandoval & Bell, 2004).

Kehittämistutkimuksen yksinkertainen ja eksplisiittinen kuvailu on vaikeaa. Sen toteuttamiseen ei voida määritellä yksityiskohtaisia malleja, mutta sen mahdollisuuksia voidaan kuitenkin Edelsonin (2002) mukaan arvioida nostamalla esille muutamia ydinosa-alueita. Kehittämistutkimuksessa voidaan tavoitella vastauksia kolmeen kysymykseen: i) miten kehittämisessä edetään, ii) mitä tarpeita ja mahdollisuuksia kehittämisellä on ja iii) millaiseen tuotokseen kehittäminen johtaa? Näihin kolmeen kysymykseen vastaaminen

jakaa kehittämistutkimuksessa tehtävät kehittämispäätökset kolmeen kategoriaan: 1) kehittämisprosessi, 2) ongelma-analyysi ja 3) kehittämistuotos (ks. kuva 1). (Edelson, 2002)

1. Kehittämisprosessikategorian kehittämispäätöksissä suunnitellaan henkilöt ja prosessit, joita tarvitaan koko kehittämistutkimuksen suunnittelussa, valmisteluissa, toteuttamisessa, tutkimusprosessin kehittämisessä, tuotoksen testaamisessa, arvioinnissa ja jalostamisessa.
2. Ongelma-analyysikategoriassa selvitetään kehittämistutkimuksen haasteet, määritetään tavoitteet ja kartoitetaan tarpeet. Ongelma-analyysi voi olla teoreettinen tai empiirinen koostuen esimerkiksi tarveanalyysistä, testaamisesta tai arvioinnista.
3. Kehittämistuotuskategoria on kehittäjien ratkaisu ongelma-analyysissä esiin nousseisiin haasteisiin ja kehittämisprosessin mahdollisuuksiin. Kehittämistuotos kehittyy koko ajan tutkimusprosessin edetessä ja kehittäjien tietojen syventyessä. (Edelson, 2002)



Kuva 1. Kehittämistutkimuksen kolme ydinosa-aluea (Edelson, 2002).

Jokainen kehittämiskategoria tuottaa erityyppistä tietoa:

1. Kehittämisprosessikategoria tarkastelee koko kehittämistutkimusta. Sen avulla saadaan esimerkiksi selville, mitä vaiheita kehittämistutkimus sisältää, miten yksilöt toimivat osana suurempaa kokonaisuutta tai millaisia asiantuntemuksen lajeja tietyssä kehittämiskontekstissa tarvitaan. Kehittämisprosessikategoria tuottaa ohjeistavia teorioita.
2. Ongelma-analyysikategoria tuottaa sekä kontekstisidonnaisia teorioita että teorioita, jotka kuvailevat miten tavoiteltuun lopputulokseen on päästy. Esimerkiksi tässä artikkelissa ongelma-analyysillä kartoitetaan kehitettävien oppimisympäristöjen tarpeet, joiden pohjalta määritellään tavoitteet (kontekstisidonnainen teoria). Ongelma-analyysikategorian tuottamat teoriat ovat kuvailevia.

3. Kehittämistuotuskategoria tuottaa kontekstisidonnaisia malleja. Kontekstisidonnainen malli voi olla esimerkiksi tietyn ilmiön opettamiseen soveltuva konkreettinen opetusmateriaali tai tietylle opiskelijaryhmälle suunniteltu kurssi. Kehittämistuotuskategoria tuottaa ohjeistavia malleja. (Edelson, 2002)

2.1 Kehittämistutkimuksen toteuttaminen

Kehittämistutkimusta pidetään yleisesti haastavana ja paljon resursseja vaativana tutkimusmenetelmänä (Edelson, 2002). Sen etuna kuitenkin on, että siinä pyritään tarkastelemaan kehittävää ilmiötä kokonaisvaltaisesti todellisissa olosuhteissa hyödyntäen tutkimukseen osallistujia kehittämisprosessissa, kun taas perinteiset kvantitatiiviset tutkimusmenetelmät pyrkivät mittamaan tiettyjä muuttujia ja tarkastelevat tutkimukseen osallistujia puhtaasti koehenkilöinä. Kehittämistutkimus on myös joustava tutkimusmenetelmä, jossa sosiaaliset vuorovaikutukset huomioidaan aikaisempaa monipuolisemmin. (Collins, 1999)

Kehittämistutkimus etenee syklisesti kokeellisten ja teoreettisten vaiheiden kautta, minkä vuoksi kuvassa 1 kuvatut kehittämistutkimuksen ydinosa-alueet ovat keskenään vahvassa vuorovaikutuksessa. Tutkimuksen edetessä suoritetaan jatkuvaa formatiivista prosessiarviointia, ongelma-analyysia syvennetään sekä tuotetta testataan ja jatkojalostetaan vastaamaan paremmin kehittämistutkimukselle asetettuja tavoitteita (Edelson, 2002). Kehittämistutkimus soveltuu useantyyppisiin projekteihin. Kehittämistutkimuksilla on kehitetty esimerkiksi TVT -pohjaisia oppimisympäristöjä (ASTEL, Juuti, 2005; VRP, Aksela, 2005; WISE, esim. Slotta, 2004), opetusohjelmistoja (ChemSense, esim. Schank & Kozma, 2002) ja kontekstisidonnaisia teorioita (termodynamiikan opettaminen verkkoympäristössä, Clark, 2004).

2.2 Kehittämistutkimuksen luotettavuus

Perinteisesti tieteellisen tutkimuksen luotettavuutta arvioidaan validiteetin (pätevyys, tutkimus kohdistuu siihen, mitä on aiottu tutkia) ja realibiliteetin (luotettavuus, tulosten toistettavuus) avulla. Nämä käsitteet ovat kehittyneet määrällisen tutkimuksen maailmassa, minkä vuoksi ne eivät sellaisenaan ole sovellettavissa usein laadullisena toteutettavaan kehittämistutkimukseen. (Tuomi & Sarajärvi, 2009) Laadullisen tutkimuksen luottavuustarkasteluun sovelletaan yleisesti Lincolnin ja Guban (1985) kehittämää luokittelua, joka sisältää neljä luokkaa: Uskottavuus, siirrettävyys, luotettavuus/varmuus ja vahvistettavuus. (Tuomi & Sarajärvi, 2009)

Luotettavuusanalyysin näkökulmasta kehittämistutkimus on haasteellinen tutkimusmenetelmä. Ensinnäkin laadukas kehittämistutkimus on avoin ja monimutkainen kokonaisuus: 1) kehittämisen tulee olla kokonaisvaltaista, jolloin kehittämistuloksena saadaan sekä ohjaavia malleja ja teorioita että kuvailevia teorioita, 2) kehittämisen tulee edetä sykleittäin sisältäen jatkuvaa kehittämistä ja arviointia, 3) kehittämisessä tulee pyrkiä teorioihin, jotka ovat siirrettävissä kentälle opettajien tai muiden opetusalan ammattilaisten käyttöön, 4) kehittämisprosessiin tulee sisältyä testaamista autenttisissa olosuhteissa ja 5) kehittämistutkimuksen kaikki syklit tulee dokumentoida tarkasti.

(Design-based Research Collective, 2003) Kellyn (2004) mukaan juuri avoimuus ja monimutkaisuus ovat merkittävimpiä kehittämistutkimuksen luotettavuustarkastelussa huomioitavia tekijöitä. Ne tekevät tutkimuksen mielekkään rajaamisen ja raportoinnin vaikeaksi. Esimerkiksi tutkimusaineistoa tulee paljon, hyvin erilaisista lähteistä ja joskus myös suunnittelemattomana, minkä vuoksi yleistysten tekeminen on haasteellista. Yleistyksiä tehdessä virhettä aiheuttavat muun muassa sosiaalisen tapahtuman ainutlaatuisuus, johon vaikuttavat esimerkiksi sosiaaliset hierarkiat ja ainutlaatuinen kehittämiskonteksti.

Arvostelijoiden mukaan kehittämistutkimuksen heikkoutena on, että se toteutetaan usein kvalitatiivisena pienellä otoskoollla. Se ei siten kuvaa perusjoukkoa niin hyvin kuin kvantitatiiviset tutkimusmenetelmät korkeatasoiselta tieteelliseltä tutkimukselta odottavat. Kehittämistutkimuksen puolustajat taas argumentoivat kehittämistutkimuksen vahvuuden olevan juuri tutkimustulosten yleistettävyydessä sekä selitysvoimassa, vaikka sen luotettavuutta ei aina pystytä todistamaan tilastollisesti merkittäväksi. Kehittämistutkimuksen yleistettävyys ja selitysvoima ovat sen käytännöllisyydessä. Se tuottaa käytännönläheistä kentälle siirrettävää tietoa jokaisessa vaiheessa. Tutkijat, kehittäjät ja muut sidosryhmät syvenyvät kehittämisprosessin aikana tutkimuksen prosesseihin, tarpeisiin ja kontekstiin kehittäen samalla omaa osaamistaan kokonaisvaltaisesti. Kehittämistuotokset ovat toimivia, sillä ne kehitetään autenttisissa olosuhteissa. Myös ongelma-analyysi antaa konkreettista kontekstisidonnaista tietoa sekä käytännön ratkaisuja. (Edelson, 2002)

Kehittämistutkimuksen luotettavuutta voidaan vahvistaa triangulaation avulla (Design-Based Research Collective, 2003). Tässä tutkimuksessa käytetään metodista triangulaatiota, jolloin aineistoa kerätään ja analysoidaan samanaikaisesti useilla eri menetelmillä tavoitteena tulosten konvergoituminen (Tuomi & Sarajärvi, 2009). Metodisessa triangulaatiossa luotettavuustarkastelu suoritetaan käytettyjen menetelmien luotettavuustekijöiden perusteella (ks. tarkemmin luku 4.2). Tutkimuksen luotettavuutta nostavat myös syklien ja analyysien määrät sekä standardoitujen mittarien käyttö. Lisäksi luotettavuuteen vaikuttaa hyvin merkittävästi konsensukseen johtavan kehittämisen tarkka dokumentointi ja raportointi. (Design-Based Research Collective, 2003; Bell et al., 2004; Edelson, 2002)

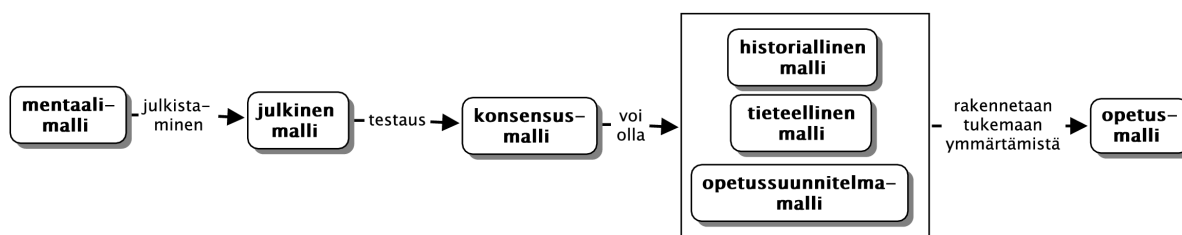
Kehittämistutkimuksen luotettavuutta tarkastellessa tulee huomioida myös tutkimusmenetelmän lyhyt ikä, minkä vuoksi vahvaa tutkimusperinnettä ei ole ehtinyt syntyä (Barab & Squire, 2004). Tästä johtuen kehittämistutkimukseen liittyen on useita ratkaisemattomia kysymyksiä, kuten esimerkiksi:

- Mihin epistemologiaan kehittämistutkimus pohjautuu?
- Miten kvantitatiiviset ja kvalitatiiviset tutkimusmenetelmät sovitetaan mielekkäästi yhteen kehittämistutkimuksen sisällä?
- Miten löydetään tasapaino käytäntöjen ja teorioiden kehittämisen välillä? (Wang & Hannafin, 2004)
- Miten saavutetaan riittävä konsensuksen taso? (Dede, 2004)
- Miten vältytään tutkijan vaikutukselta tutkimusten aikana ja raporteissa?
- Miten yksittäisistä tutkimuksista saadut tulokset saadaan siirrettyä laajempaan käyttöön? (Barab & Squire, 2004)

3. Mallikäsitteen teoreettinen tausta

Käsitteellä malli tarkoitetaan jonkin ilmiön tai olion visualisointia. Malli voi olla konkreettinen (pienoismalli tai muovinen molekyylimalli), verbaalinen (kielikuva puheessa tai kirjoitettu kuvaus), matemaattinen (yleinen kaasulaki), visuaalinen (kuva tai kuvaaja) tai elemalli (esim. käden liike). (Gilbert et al., 2000)

Tutkimalla mallin elinkaarta mallin ontologisen statuksen muutoksen avulla, päästään käsiksi siihen miten malli kehittyy (ks. kuva 2). Mallin ollessa henkilökohtainen ja yksityinen esitys jostain ilmiöstä, on kyse sisäisestä mallista. Sisäinen malli muuntuu julkiseksi malliksi, kun se julkistetaan esimerkiksi jossain yhteisössä tai verkossa. Sosiaalisten yhteisöjen työstäessä julkista mallia, syntyy kontekstisidonnainen yhteisymmärrysmalli (konsensusmalli). Yhteisymmärrysmalli on tietyn yhteisön yksimielinen esitys mallista, jonka aikaansaamiseksi ryhmä on testannut, arvioinut ja kehittänyt julkista mallia. Malli voi konsensuksen muodostavasta yhteisöstä ja mallin tavoitteesta riippuen olla esimerkiksi tieteellinen tai historiallinen malli. Yhteisymmärrysmallista saadaan aikaiseksi opetussuunnitelmamalli yksinkertaistamalla sitä ja sisällyttämällä se opetussuunnitelmaan. Yhteisymmärrysmallit ovat usein haastavia ymmärtää. Niiden ymmärtämisen tueksi opettajat ja opiskelijat rakentavat opetusmalleja, esimerkiksi oppimista tukeva visualisointi. Näiden lisäksi on olemassa pedagoginen malli, joka on opettajien käyttämä malli opettamisesta sekä hybridimalli, joka sisältää piirteitä historiallisesta, tieteellisestä ja opetussuunnitelmamallista. (Gilbert et al., 2000)



Kuva 2. Mallin ontologisen statuksen muuttuminen (Gilbert et al., 2000).

4. Kehittämistutkimuksen ensimmäinen osa

Kehittämistutkimus toteutettiin keväällä 2010 Kemian mallit ja visualisointi -kurssin yhteydessä. Kurssi on kemian aineenopettajaopiskelijoille suunnattu syventävä kurssi. Kehittämisestä vastasivat kolme tutkijaa, jotka toimivat myös kurssin opettajina. Tässä artikkelissa raportoitava tutkimus rakennettiin mallin ontologisen statuksen muuttumisen ympärille. Tutkimus sisälsi neljä vaihetta: 1) historiallisen kurssimallin analysointi itsenäisesti, 2) sisäisen mallin rakentaminen itsenäisesti, 3) sisäisen mallin julkistaminen pienryhmässä ja 4) yhteisymmärrysmallin rakentaminen yhteisöllisesti.

Tässä luvussa esitellään päätutkimuskysymykset (ks. luku 4.1), tutkimuksessa käytetyt tutkimusmenetelmät (ks. luku 4.2) sekä tutkimuksen eteneminen (ks. luku 4.3).

4.1 Tutkimuskysymykset

Kehittämistutkimuksen päätutkimuskysymykset olivat:

- Millaisia mahdollisuuksia ja haasteita Kemian mallit ja visualisointi -kurssilla on?
- Millaisia muutoksia ja ratkaisuja Kemian mallit ja visualisointi -kurssiin tehtiin mahdollisuuksien tukemiseksi ja haasteisiin vastaamiseksi?
- Miten yhteisöllinen malliteoriaan pohjautuva kehittämistutkimus toimii tässä kehittämiskontekstissa?

4.2 Käytetyt tutkimusmenetelmät

Historiallisen kurssimallin analyysissä kurssia tarkastellaan sekä historiallisen tutkimuksen että aineistolähtöisen sisällönanalyysin metodein.

4.2.1 Historiallinen tutkimus

Historiallisessa tutkimuksessa pyritään tekemään nykyisyyttä auttavia johtopäätöksiä tutkimalla menneisyyttä. Historiallisessa tutkimuksessa tehdään menneisyyttä tutkimalla hypoteesejä, joita testaamalla voidaan muun muassa tuottaa ratkaisuja nykyajassa vallitseviin ongelmiin, saada ymmärrystä nykyajassa tutkittaviin aineistoihin, oppia ymmärtämään nykyaikaa ja tulevaisuutta paremmin refleктоimalla sitä menneisyyteen. Historiallinen tutkimus suoritetaan tutkimalla omia tai muiden kokemuksia, muistiinpanoja, muistioita tai muita tutkittavaa ilmiötä käsitteleviä dokumentteja. Tutkimusaineisto voi koostua primäärilähteistä tai sekundäärilähteistä. Primäärilähteiden käyttö nostaa tutkimuksen luotettavuutta. Muita historiallisen tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi lähdekritiikki, heikko raportointi ja tutkijan vaikutus, johon lasketaan esimerkiksi tutkimusongelman heikko määrittely, vaikutus tutkimusaineistoon (esim. kokemusten muistaminen) ja puutteellinen päättely (ylipelkistys tai liika yleistys). (Cohen et al., 2007, 191-204)

4.2.2 Aineistolähtöinen sisällönanalyysi

Sisällönanalyysin tavoitteena on luoda tutkimusaineistosta selkeä sanallinen kuvaus. Aineistolähtöisessä sisällönanalyysissä tutkimusaineistosta nostetaan induktiivisen päättelyketjun avulla käsitteitä, jotka esittävät tutkittavan aineiston kannan tutkittavasta ilmiöstä. Aineistolähtöinen sisällönanalyysi sisältää vaiheet: 1) aineiston pelkistäminen, 2) aineiston ryhmittely ja 3) luokkien muodostaminen. Aineiston pelkistämisen vaiheessa aineistosta etsitään analyysiyksiköitä, jotka voivat olla esimerkiksi yksittäisiä sanoja tai ajatuskokonaisuuksia. Tässä tutkimuksessa analyysiyksikkö on ajatuskokonaisuus. Aineiston ryhmittelyosuudessa pelkistetyt analyysiyksiköt jaetaan samankaltaisiin ryhmiin, joista vaiheessa kolme muodostetaan ensin alaluokkia, seuraavaksi yläluokkia ja lopuksi pääluokkia. Luokkien muodostamista jatketaan niin kauan kuin se on aineiston ja tavoitteiden näkökulmasta mielekästä. Analyysiä voidaan jatkaa vielä aineiston

kvantifioinnilla, jossa lasketaan luokkien esiintymisfrekvenssejä. (Tuomi & Sarajärvi, 2009, 108-113)

4.3 Kehittämistutkimuksen eteneminen

4.3.1 Historiallisen mallin analyysi

Kehittämisen ensimmäisessä vaiheessa tutkijat tutustuivat itsenäisesti Kemian mallit ja visualisointi -kurssin historialliseen malliin analysoimalla edellisten kurssien rakenteet, sisällöt ja palautteet. Historialliseen malliin tutustuminen oli tutkimuksen teoreettinen ongelma-analyysi, joka sisälsi kurssin tarkastelua sekä historiallisen tutkimuksen (Cohen et al., 2007, 191-204) että aineistolähtöisen sisällönanalyysin metodein (Tuomi & Sarajärvi, 2009, 108-113). Vaiheen tavoitteena oli selvittää tutkijoille millaisia tarpeita ja mahdollisuuksia kurssin kehittämisellä on.

Kurssin historia raportoidaan aikaisempien vuosien kurssimateriaalien ja tutkijoiden kokemusten pohjalta. Kaikki tutkijat tarkastelivat myös kurssin koko historiallista viitekehystä omien kokemuksiensa pohjalta:

1. Tutkija 1 on osallistunut kurssille kahdesti, vuonna 2006 opiskelijana ja 2008 opettajana. Tutkija 1 vastasi myös tämän kehittämistutkimuksen koordinoinnista.
2. Tutkija 2 on toiminut jokaisella kurssikerralla (2002-2008, yhteensä 6 kertaa) kurssin opettajana ja johtajana sekä kantanut päävastuun vuosittaisesta kehittämisestä.
3. Tutkija 3 oli edellisellä kurssikerralla (2008) kurssin opiskelija.

Aineistolähtöinen sisällönanalyysi suoritettiin vuoden 2008 kurssin palautteesta. Vuoden 2008 palaute kerättiin avoimella kyselylomakkeella kurssin viimeisellä luentokerralla, johon opiskelijoita pyydettiin listaamaan perusteluineen kurssin kolme onnistunutta asiaa sekä kolme kehitettävää osa-aluetta. Palautteeseen vastasi 18 opiskelijaa.

4.3.2 Sisäisen mallin rakentaminen

Historiallisen mallin analysoinnin pohjalta kehittäjät loivat itsenäisesti sisäisen mallin kurssin sisällöstä ja toimintatavoista sekä kurssin kehittämisestä. Tutkijoille annettiin sisäisen mallin rakentamiseksi seuraavanlaiset ohjeet:

"Palauta mieleen kehittämistutkimuksen ja mallikäsitteen teoreettinen tausta ja tutustu vuoden 2008 kurssirakenteeseen, tavoitteisiin, sisältöön materiaali-cd:n avulla. Materiaali-cd sisältää kurssin kaikki tehtävät, luennot, luettavan kirjallisuuden ja paljon visualisointeja (molekyylimalleja ja animaatiota).

Seuraavaksi tutustu vuoden 2008 palautteeseen. Rakenna itsellesi kurssista sisäinen malli, joka on reflektioiva kuvaus "historiallisen kurssin" ja haluamasi "toteutettavan kurssin" välillä. Tarkastelun pääpaino tulee suunnata palautteen kehittämiskohtiin ja vahvuuksiin, tavoitteiden ja sisällön vuorovaikutukseen ja konkreettisen toteutuksen kehittämiseen

(tehtävien määrä, laatu, arvostelu, palautusajat, käytettävä verkko-oppimisympäristö). Sisäisen mallin muoto on vapaa, esim. käsikartta tai yksi liuska tekstiä.”

4.3.3 Sisäisen mallin julkistaminen

Itsenäisen työskentelyvaiheen jälkeen tutkijat tapasivat ensimmäisen kerran ja julkistivat sisäiset mallit kehittämistuotoksesta ja kehittämisprosessista toisilleen. Tutkija 1:n sisäinen malli oli visuaalinen (käsitekartta) ja tutkijoiden 2 ja 3 mallit verbaalisia (tutkija 2: puhuttu malli ja tutkija 3: kirjoitettu malli).

4.3.4 Yhteisymmärrysmallin rakentaminen

Ensimmäinen tapaamisen aikana julkisia malleja testattiin ja kehitettiin keskustelun ja graafisen mallintamisen avulla. Julkisista malleista visuaalinen käsitekarttamalli valittiin yhteiseksi työstömalliksi. Tietokoneavusteinen käsitekartta mahdollisti interaktiivisen työalustan, jossa tutkijat pystyivät mallintamaan samanaikaisesti. Ensimmäisen tapaamisen jälkeen tutkija 1:n tehtäväksi annettiin testaamisessa muokatun työstömallin puhtaaksi mallintaminen seuraavaan tapaamiseen. Toisessa tapaamisessa tutkija 1 esitteli ensimmäisessä tapaamisessa julkisten mallien avulla työstetyn mallin, jonka tutkijat 2 ja 3 hyväksyivät yhteisymmärryksessä.

5. Tulokset

Tulokset esitellään tutkimuskysymyksittäin.

5.1 Kemian mallit ja visualisointi -kurssin haasteet ja mahdollisuudet

5.1.1 Kemian mallit ja visualisointi -kurssin historiallinen tarkastelu

Kemian mallit ja visualisointi -kurssi oli luennoitu kuusi kertaa ennen kehittämistutkimuksen alkamista. Kurssia on kehitetty tutkimusperustaisesti koko historiansa ajan (ks. esim. Aksela & Lundell, 2008). Kurssi luennoitiin nimellä Laskennallinen kemia kouluopetuksessa (2 ov) vuosina 2002, 2003, 2004, 2005 ja 2006, jonka jälkeen tutkinnonuudistuksen myötä kurssin nimi muutettiin nykyiseen muotoon, kuormitus nousi 5 opintopisteeseen ja luennointifrekvenssi harveni joka toiseen vuoteen (ensimmäisen kerran vuonna 2008).

Laskennallinen kemia kouluopetuksessa kurssi (2002-2006) koostui noin seitsemästä etätehtävästä, luennoista, mallinnusharjoituksista ja projektityöstä, johon sisältyi oppilasryhmän ohjaaminen pareittain. Kurssi arvioitiin asteikolla hyväksytty/hylätty. Hyväksytty suoritus edellytti kaikkien etätehtävistä tehtävien oppimispäiväkirjojen palauttamista ja aktiivista osallistumista projektityöhön. Projektityön aihe oli kaikilla opiskelijoilla aspiiriin mallintaminen johon ei sisältynyt raportin kirjoittamista.

Vuoden 2008 ensimmäinen Kemian mallit ja visualisointi -kurssi koostui kahdeksasta etätehtävästä, 10 luennosta ja projektityöstä, johon sisältyi oppilasryhmän ohjaaminen ja raportin kirjoittaminen. Projektitöiden aiheet määräytyivät ohjattavan oppilasryhmän tarpeiden mukaisesti. Etätehtävien tavoitteena oli pohjustaa luento-opiskelua. Etätehtävät koostuivat tulevan luennon aihetta käsittelevästä artikkelista, lyhyestä referaatista tai artikkeliin liittyvästä tehtävästä ja luennon alussa tapahtuvasta koontikeskustelusta. Luennot järjestettiin tiistaisin ja etätehtävät palautettiin maanantaiaamuisin Blackboard verkko-oppimisalustalle. Kurssin etätehtävistä ja luennoista viisi käsitteli kemian ilmiöitä ja neljä mallinnukseen liittyviä teoreettisia ja teknisiä työkaluja. Kurssin luentorunko oli seuraavanlainen:

- Kurssin aloitus: (Käytännöt ja visualisointi kemiassa)
- Mallit ja mallinnus
- Johdatus laskennalliseen kemiaan
- Energia laskennallisessa kemiassa ja sen visualisointi
- Stereokemia ja kiraalisuus
- Orbitaalit
- Kemiallinen sidos ja spektrit
- Kemiallinen reaktio
- Simulaatiot kemian opetuksessa
- Kurssipalaute

Vuoden 2008 kurssin tavoitteena oli, että opiskelija:

- ymmärtää kemian mallien erilaisia luonteita, niiden rooleja sekä niiden käyttöä kemiassa ja kemian opetuksessa,
- osaa käyttää erilaisia malleja kemian opetussuunnitelman perusteiden mukaisten keskeisten käsitteiden visualisoinnissa,
- ymmärtää kemian visualisointia ja sen roolia erilaisten mallien esittämisessä,
- osaa hyödyntää laskennallista kemiaa kemian oppimisen tukena koulussa,
- osaa käyttää erityisesti tieto- ja viestintäteknikkaa kemian mallien visualisoinnissa ja mielekkäästi kemian opetuksessa ja
- saa innostusta ja elämyksiä aiheesta kouluopetukseen.

Kurssin arvioinnissa etätehtävät ja luennot käsittivät 20 % arvosanasta ja projektityö 80 %. Kurssi arvosteltiin asteikolla hylätty, 1-5.

5.1.2 Historiallisen kurssimallin palautteen aineistolähtöinen sisällönanalyysi

Aineistolähtöisen sisällönanalyysin mukaan opiskelijat kokivat vuonna 2008 kurssin pääosin onnistuneeksi, erityisesti kurssilaiset arvostivat käytännön painotusta ja opetuksen suoraa siirrettävyyttä omaan opetukseen (ks. tarkemmin taulukko 1). Kurssin etätehtäviä pidettiin mielenkiintoisina ja niiden koettiin tukevan erinomaisesti luentoja, mutta opiskelijat näkivät niissä myös kehittämiskohteita, esimerkiksi teorian rinnalle tulisi lisätä käytännön harjoituksia ja toteutusta kehittää ohjeistuksen osalta. Kurssin luennoitsijaa

pidettiin pääosin erinomaisena ja luentojen teoreettista tasoa kurssille sopivana, mutta osa koki myös luennoitsijan kyselevän opetustyylin ahdistavana ja teoreettisen tason liian korkeana kurssin tavoitteisiin nähden. Kurssin mallinnusharjoituksia pidettiin valtaosin hyvinä ja kurssin käytännön painotusta pidettiin hyödyllisenä. Opiskelijat kokivat harjoitusten aiheiden olevan mielenkiintoisia ja ohjauksen olevan hyvin toteutettua, mutta toisaalta harjoituksiin toivottiin yksityiskohtaisempia teknisiä ohjeita, jolloin uuden ohjelmiston käyttäminen ja opetuksen seuraaminen helpottuisi.

Projektityön koettiin olevan kurssin antoisin osio. Sen koettiin tarjoavan mielekkäitä haasteita, jonka suorittamiseksi opiskelijoiden tuli hyödyntää kurssilla opittuja taitoja ja taitoja monipuolisesti. Oppilasryhmävierailun myötä projektityön koettiin kehittävän erityisesti myös ammatillisista osaamista, joka tukisi molekyylihallinnuksen siirtymistä osaksi omaa opetusta tulevaisuudessa. Osa opiskelijoista toivoi kuitenkin lisää ohjausta projektityön suunnitteluun ja oppilasryhmävierailuiden koordinoimisen kehittämistä, niin että opiskelijat saisivat aikaisemmin kurssilla oppilasvierailun aiheen, jossa ei tapahtuisi enää kurssin aikana muutoksia.

Taulukko 1. Vuoden 2008 kurssipalautteen mukaan kurssin onnistuneet ja kehitettävät osa-alueet.

Onnistuneet asiat			Yhdistävä luokka	Kehitettävät asiat		
Alaluokka (F)	Yläluokka (F)	F		F	Yläluokka	Alaluokka
Ei tenttiä (1)	Tentti (1)	1	Arviointi	2	Arviointiperusteet (2)	Arviointiperusteita ei ilmoitettu kurssin alussa (1) Etätehtävillä liian vähän painoarvoa (1)
Artikkelit olivat sopivan pituisia (1) Hyvin valittu, liittyivät läheisesti luentoihin (1) Mielenkiintoisia artikkeleita (1)	Etätehtävien laatu (5)	10	Etätehtävät	16	Etätehtävien laatu ja määrä (10)	Osa tylsiä (2) Osa hyödyttömiä (1) Liikaa (1) Enemmän käytäntöön pohjautuvia (5) Liian työläitä (1)
Saivat opiskelijan ajattelemaan omasta näkökulmasta (1) Pohjustivat seuraavan luennon (2) Helpottivat luennon seuraamista (1) Oppikirjojen haasteisiin ja mahdollisuuksiin tutustuminen (1)	Etätehtävien vaikutus (5)				Etätehtävien toteutus (6)	Liian lyhyt viikoittainen työaika (1) Epäselvä ohjeistus (2) Mallivastaukset puuttuivat (1) Liian pitkiä artikkeleita (1) Ei oppikirjoja (1)
Asiaan perehtynyt (1) Kiinnostunut (1) Innostunut (2) Yleinen laatu (1) Tietokonetaidot (1) Huumorintaju (1)	Luennoitsijan ominaisuudet (6)	9	Luennoitsija	5	Luennoitsijan opetustyyli (5)	Luennoitsija teki liikaa kysymyksiä, eikä antanut oikeita vastauksia (5)
Havainnollistava (1) Luennointitapa sai ajattelemaan (2)	Luennoitsijan opetustyyli (3)					
Kattavia (1) Mielenkiintoisia (1) Sopiva teorian taso (2) Selkeitä (1)	Luentojen soveltuvuus (9)	10	Luennot	3	Luentojen soveltuvuus (3)	Liian korkea teorian taso (2) Liian pitkä luentokerta (1)

Hyviä yleisesti (3) Hyvät materiaalit (1)						
Ajattelua herättäviä (1)	Luentojen vaikutus (1)					
Paljon tietokoneharjoituksia (1) Painotus käytännössä (2) Mielenkiintoisia (1)	Harjoitusten laatu ja määrä (4)	13	Mallinnus-harjoitukset	8	Harjoituksien laatu ja määrä (4)	Enemmän käytännön harjoituksia (2) Enemmän itsenäisiä harjoituksia (1) Yläkouluun soveltuvia harjoituksia (1)
Tekninen harjoittelu (2)	Mallinnus-ohjelmistojen käyttö (2)				Harjoituksien ohjeistus (3)	Käytännön harjoituksiin (2) tarkemmat ohjeet Tutorhetki käytännön oppimisen tukemiseen (1)
Mielenkiintoista (1) Hyödyllistä (4) Monipuolista (2)	Tutustuminen mallinnus-ohjelmistoihin (7)				Mallinnus-ohjelmistot (1)	Enemmän erilaisia ohjelmistoja (1)
Luovuutta vaativa (1) Mielekäs suunnitteluvaihe (2) Yhdistää tiedot ja taidot monipuolisesti (2)	Opiskelijoiden kokemukset projektityöstä (5)	17	Projektityö	5	Oppilas-vierailujen koordinointi (2)	Varausjärjestelmän uudistaminen (2)
Oppi myös itse (2) Kuva mallinnustuokioon tarvittavista resursseista (1) Rohkaisi pitämään pajoja omassa koulussa (2) Käytännön kokeilumahdollisuus (4)	Oppilas-vierailun vaikutus (9)					
Suunnittelussa oppi käyttämään mallinnusohjelmistoja (2) Oppilaskierailun harjoittelu (1)	Projektityön suunnittelun vaikutus oppimiseen (3)				Projektitöiden ohjaaminen (3)	Enemmän ohjausta projektityöhön (1) Selkeämpi ohjaus (1) Projektitöiden aihe oppilasryhmältä (1)
Tietoa mallinnuksen ja mallinnusohjelmistojen hyödyntämisestä oppitunnilla (2) Tietoa mallinnuksen opettamisesta (3) Tiedot ja taidot siirrettävissä omaan opetukseen (2) Tietoa visualisoinneista oppilaan näkökulmasta (1)	Oman työn tukeminen (8)	8	Siirrettävyys	-	-	-

5.1.3 Sisäiset mallit

Tutkijat rakensivat kolmenlaisia sisäisiä malleja. Tutkija 1:n sisäinen malli oli käsitekarttamuodossa, tutkija 2:n puhemuodossa ja tutkija 3:n kirjoitetussa muodossa. Tutkijan 1 käsitekartta valittiin visuaalisen muotonsa vuoksi yhteiseksi työstömalliksi (ks. kuvat 3-5).

Tutkija 1 keskittyi kehittämään etätehtävien arviointia helpottavaa opetusteknologiaa. Toimiessaan kurssilla assistenttina vuonna 2008, kurssilaisten palauttamien etätehtävien

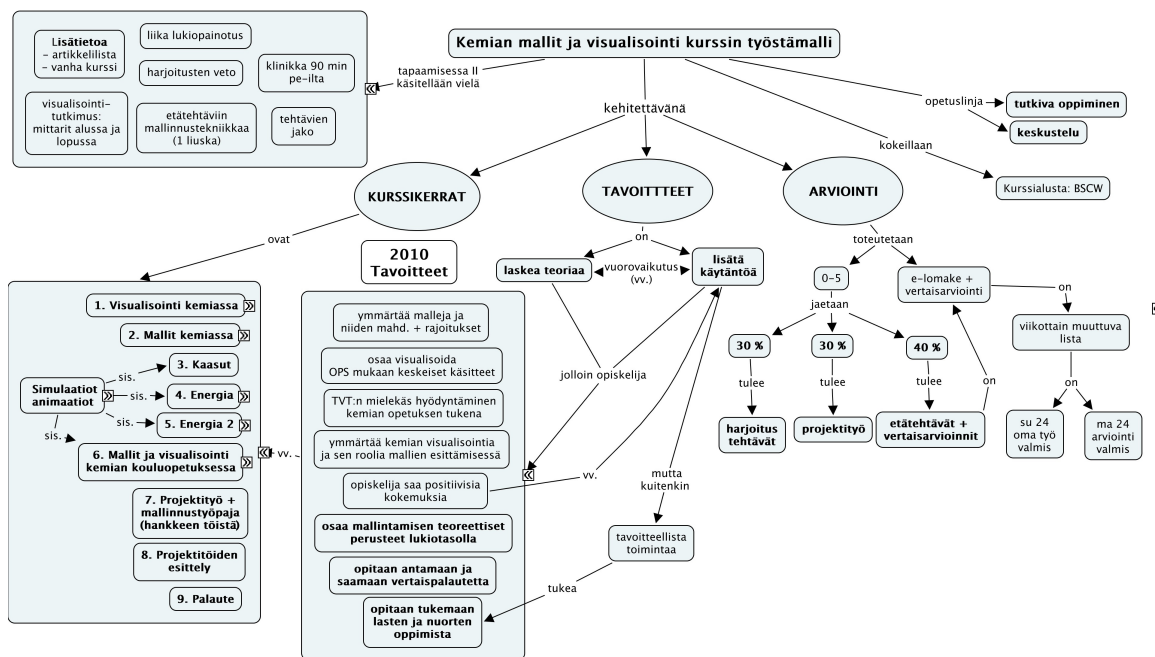
Tutkija 3 keskittyi käytännön lisäämisen ja opiskelijoiden projektitöiden ohjauksen kehittämiseen historiallisen mallin esittämien haasteiden mukaisesti. Tutkija 3 ehdotti, että käytännön määrää kurssilla pystyttäisiin nostamaan viikoittaisten mallinnusharjoitusten muodossa. Mallinnusharjoitusten tueksi tutkija 3 ehdotti viikoittaista mallinnusklinikkaa, jossa opiskelijat saisivat tehtävien ratkaisemiseen tarvittaessa tukea toisiltaan ja kurssin opettajilta. Projektitöiden ohjaamista tutkija 3 ehdotti kehittävänsä oman henkilökohtaisen panostuksensa myötä.

5.2 Kemian mallit ja visualisointi -kurssiin tehdyt muutokset

Ensimmäisessä suunnittelutapaamisessa tutkijat ryhtyivät työstämään yhteistä konsensusta julkistettujen mallien pohjalta. Kehittämisen tuloksena kurssiin tehtiin sisällöllisiä, tavoitteellisia ja rakenteellisia muutoksia, muun muassa käytäntöä lisättiin ja arviointimenetelmiä uudistettiin (ks. taulukko 2 ja vertaa kuvat 3, 4 ja 5).

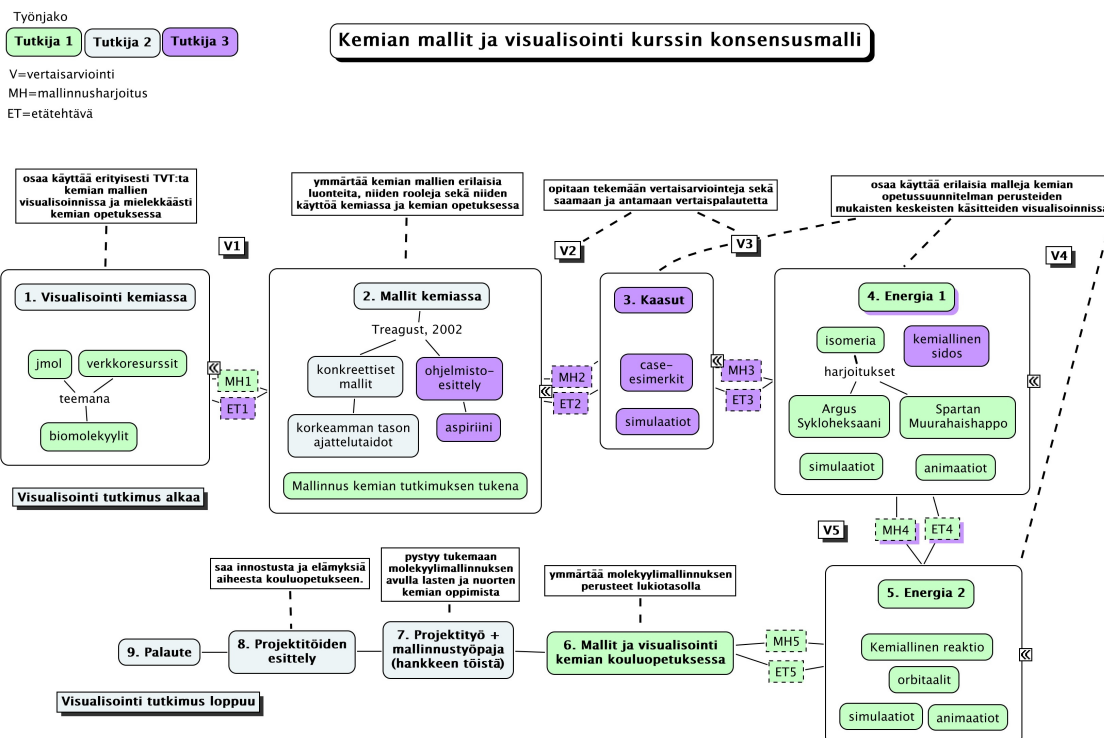
Taulukko 2. Tutkijoiden ehdottamat muutokset ja niiden perustelut tai tavoiteltu vaikutus.

Esittäjä	Muutos	Perustelu/tavoiteltu vaikutus
Tutkija 1	- Etätehtävien vertaisarviointi e-lomakkeiden avulla	- Kurssiassistenttien työmäärän vähentäminen - Opiskelijat oppivat saamaan ja antamaan vertaispalautetta (kirjattiin kurssin tavoitteisiin) - Verkostoitumisen mahdollisuus nousee - Positiivisten kokemusten luominen
Tutkija 1	- Siirtyminen Blackboard kurssialustasta BSCW:hen	- Opiskelijoiden oikeuksien helpompi hallinnointi - Kevyemmän kurssialustan kokeileminen - Kurssiassistenttien työmäärän vähentäminen
Tutkija 2	- Kurssin sisältöjen uudelleenjärjestely - Simulaatioiden integroiminen muihin kurssikertoihin - Ilmiöiden käsittely voimakkaammin energiateeman alla	- Simulaatioiden merkitys mallinnustyökaluna yleisesti, aikaisemmin esitelty erillisenä osiona ja opiskelijat ovat toivoneet enemmän - Opiskelijoiden olisi helpompi ymmärtää kurssin koostumusta - Opiskelijat ymmärtäisivät energian merkityksen kemiassa paremmin
Tutkija 2	- Visualisointitutkimus	- Opiskelijoiden visualisointitaitojen kehittymisen tutkiminen kurssin aikana
Tutkija 3	- Käytännön lisääminen - Viikoittaiset käytännönharjoitukset - Viikoittainen mallinnusklinikka - Etätehtävien määrän vähentäminen	- Opiskelijat ovat toivoneet lisää käytännön harjoituksia, muutoksella on tavoitteena luoda positiivisia kokemuksia opiskelijoille - Mallinnusklinikkauudistuksen myötä etätehtävien määrää tulisi laskea, ettei opiskelijoiden työmäärä nouse liian korkeaksi - Opiskelijat saavat enemmän valmista opetusmateriaalia ja pystyvät sen kautta tukemaan molekyyllimallinnuksen avulla lasten ja nuorten oppimista (kirjattiin kurssin tavoitteisiin)
Tutkija 3	- Projektitöihin liittyvän ohjauksen lisääminen	- Kurssiassistenttien määrän nostaminen mahdollistaa projektitöihin liittyvän ohjauksen lisäämisen



Kuva 4. Julkinen työstömalli, muutokset tutkijan 1 sisäiseen malliin on visualisoitu lihavoineilla.

Toisessa suunnittelutapaamisessa tutkijat muodostivat vielä konsensuksen alustavasta työnjaosta opetuksen suhteen ja viimeistelivät kurssin tavoitteita, rakennetta ja etenemistä visualisoivan yhteisymmärrysmallin (ks. kuva 5).



Kuva 5. Konsensusmalli kurssin tavoitteista, rakenteesta ja etenemisestä.

6. Yhteenveto ja pohdinta

Tässä artikkelissa raportoitiin Kemian mallit ja visualisointi -kurssin ja kehittämistutkimuksen kehittämiseen tähtäävän kehittämistutkimuksen ensimmäinen osa. Tutkimuksen tavoitteena oli a) kartoittaa millaisia tarpeita ja mahdollisuuksia kurssin kehittämisellä on ja b) raportoida kehittämisen tuloksena kurssiin syntyneet muutokset.

Kehittämisen tarpeet ja mahdollisuudet kartoitettiin analysoimalla kurssin historiallinen viitekehys ja edellisen kurssikerran opiskelijapalaute. Historiallisen kurssimallin mukaan opiskelijat pitivät kurssia pääosin onnistuneena. Kurssin mahdollisuuksiksi koettiin ensinnäkin opetusjärjestelyt, jossa luennon aihealueeseen tutustutaan etukäteen etätehtävän muodossa ja teoriaa tuetaan käytännön mallinnusharjoituksilla, ja toiseksi kurssilla opettajien taitojen ja tietojen diffuusiota omaan opetukseen. Molekyylimallinnuksen diffuusiota tuettiin esimerkiksi ryhmissä suoritettavalla projektityöllä, johon sisältyi mallinnuspajan ohjaaminen autenttisessa opetustilanteessa (vrt. Pernaa 2010 ja Rogers, 1962). Kurssin haasteiksi opiskelijat mainitsivat myös opiskelijoiden ohjauksen määrän ja toivoivat muun muassa lisää käytännön mallinnusharjoituksia. Myös etätehtävien ja mallinnusharjoitusten tehtäväännöt ja työskentelyohjeistukset koettiin haasteiksi.

Kehittämisestä vastasivat kolme tutkijaa, jotka toimivat myös kurssin opettajina. Kehittäjillä oli hyvin erilaisia kokemuksia kurssista, minkä vuoksi he tarkastelivat myös kehittämistä erilaisista näkökulmista. Tutkijan 1 viimeisin kokemus kurssista oli kurssiassistenttina toiminen, jonka hän koki työlääksi suurten opiskelija- ja tehtävämäärien vuoksi. Tutkija 1 keskittyi kehittämään käytettävää opetusteknologiaa kurssin opettajien työ määrän keventämiseksi. Tutkija 2 oli nähnyt kurssin koko elinkaaren ja hänen kehittämismielenkiintonsa suuntautui koko elinkaarta tarkasteltaviin muutoksiin (kurssin tavoitteiden ja sisältöjen uudistaminen). Tutkija 3 oli viimeksi kurssilla opiskelijana ja keskittyi kehittämään opiskelijoiden ohjaamista ja käytännön harjoituksia historiallisen kurssimallin ja omien kokemusien pohjalta. Erilaisten kehittämiskontekstien myötä myös kehittäjät oppivat uudentyyppistä ajattelua kehittämisen aikana, mikä on yksi kehittämistutkimuksen vahvuuksista (vrt. Edelson, 2002).

Luotettavuustarkastelun näkökulmasta tutkijat pystyivät luomaan luotettavan kuvan kurssin haasteista ja mahdollisuuksista menneisyyden avulla. Analyysissä hyödynnettiin metodista triangulaatiota (vrt. Tuomi & Sarajärvi, 2009, 143-149) ja historiallisen kurssimallin analyysissä käytettiin ainoastaan primäärilähteitä. Lisäksi tutkijoiden henkilökohtainen kokemus kurssista varmisti kehittämispäätösten järkevyyden (vrt. Cohen et al., 2007, 191-204).

Kehittämistutkimuksen myötä kurssiin tehtiin logistisia, sisällöllisiä ja rakenteellisia muutoksia, esimerkiksi kurssin arviointimenetelmät, sisältöjen jaottelu ja tehtävät uudistettiin. Uudistuksien myötä myös kurssin tavoitteisiin kirjattiin vertaisarviointia ja molekyylimallinnuksen diffuusiota tukevia tavoitteita. Kehittämistutkimuksen luotettavuustarkasteluun reflektoiden, erityisesti konsensukseen johtavien ratkaisujen ja kehittämistutkimuksen etenemisen raportointiin (mallin kehittyminen) sekä visualisointiin (ontologiset käsitekartat) kiinnitettiin tutkimuksessa huomiota, mitkä ovat kehittämistutkimuksen suurimpia haasteita. Maliin kehittymiseen pohjautuva yhteisöllinen

kehittämistutkimus mahdollisti hallitun kehittämiskontekstin, joka sisälsi useita syklejä ja konsensuksen rakennusvaiheita, mikä myös nostaa tutkimuksen luotettavuutta (vrt. Dede, 2004; Design-Based Research Collective, 2003; Bell et al., 2004; Edelson, 2002)

Tulevaisuudessa kehittämistutkimusta jatketaan suorittamalla tutkimuksen toinen osa, jossa arvioidaan tässä artikkelissa kehitettyä kurssia. Toisessa osassa tarkastellaan kurssin väliarviointia ja sen pohjalta tehtyä kehittämistyötä sekä kurssin loppupalautetta. Tutkimuksessa selvitetään miten opiskelijat suhtautuvat uuteen kurssimalliin ja millaisia jatkokehittämiskohteita palautteen pohjalta syntyy. Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että malliteoriaan pohjautuva yhteisöllinen kehittämistutkimus soveltuu erinomaisesti kurssien kehittämiseen korkeakouluopetuksessa, mikä taas tukee tutkimusperustaisen opettajankoulutuksen tavoitteita (vrt. Aksela, 2010; Jakku-Sihvonen & Niemi, 2006). Tutkimus osoitti myös, että malli käsitteen ontologisen statuksen ja käsitekarttojen hyödyntäminen kehittämistutkimuksen dokumentoinnissa mahdollistaa monimutkaisinkin kehittämistutkimuksen raportoinnin, mikä nostaa tutkimuksen luotettavuutta.

Lähteet

Aksela, M. (2010). Evidence-based teacher education: Becoming a lifelong research-oriented chemistry teacher. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 84-91.

Aksela, M. (2005). *Supporting Meaningful Chemistry Learning and Higher-order Thinking Through Computer-Assisted Inquiry: A Design Research Approach*. Väitöskirja, Helsingin yliopisto. Helsinki: Yliopistopaino.

Aksela, M. & Lundell, J. (2008). Computer-based molecular modelling: Finnish school teachers experiences and views. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 301-308.

Barab, S. & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1-14.

Bell, P., Hoadley, C. M. & Linn, M. C. (2004). Design-based research in education. Kirjassa M. C. Linn, E. A. Davis & P. Bell (toim.), *Internet environments for science education* (s. 73-85). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.

Clark, D. (2004). Hands-on investigations in Internet environments: Teaching thermal equilibrium. Kirjassa M. C. Linn, E. A. Davis & P. Bell (toim.), *Internet environments for science education* (s. 175-200). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Cobb, P. (2001). Supporting the improvement of learning and teaching in social and institutional context. Kirjassa S. M. Carver & D. Klahr (toim.), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (s. 455-478). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.

- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education*. New York: Routledge.
- Collins, A. (1992). Towards a design science education. Kirjassa E. Scanlon & T. O'Shea (toim.), *New directions in educational technology* (s. 15-22). Berliini: Springer.
- Collins, A. (1999). The changing infrastructure of education research. Kirjassa E. C. Lagemann, & L. S. Shulman (toim.), *Issues in education research: Problems and possibilities* (s. 289-298). San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Collins, A., Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.
- Dede, C. (2004). If design-based research is the answer, what is the question? A commentary on Collins, Joseph, and Soloway in the JLS special issue on design-based research. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 105-114.
- Design Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- diSessa, A. A. & Cobb, P. (2004). Ontological innovation and the role of theory in design experiments. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 77-103.
- Edelson, D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105-121.
- Hall, G. & Hord, S. (1987). *Change in schools: Facilitating the process*. Albany, NY: State University of New York Press.
- Hoadley, C. M. (2004). Methodological alignment in design-based research. *The Journal of the Learning Sciences*, 39(4), 203-212.
- Jakku-Sihvonen, R. & Niemi, H. (toim.) (2006). *Research-based Teacher Education in Finland -Reflections by Finnish Teacher Educators*. Finnish Educational Research Association, Research in Educational Sciences 25.
- Joseph, D. (2004). The Practice of design-based research: Uncovering the interplay between design, research, and the real-world context. *Educational Psychologist* 39(4), 235-242.
- Joutsenvirta, T. & Vehkalahti, K. (2005). Opiskelijoiden näkemyksiä sulautuvasta opetuksesta. *Piirtoheitin*, 3(2). <http://www.valt.helsinki.fi/piirtoheitin/sulautus2.htm>, luettu 12.9.2010.
- Juuti, K. (2005). *Towards primary school physics teaching and learning: Design research approach*. Väitöskirja, Helsingin yliopisto. Helsinki: Yliopistopaino.
- Juuti, K. & Lavonen, J. (2006). Design-based research in science education: One step towards methodology. *NorDiNa*, 4, 54-68.
- Kelly, A. E. (2004). Design research in education: Yes, but is it methodological. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 115-128.
- Kemian laitos. (2006). Tutkimuksen tavoiteohjelma 2007-2009. Kemian laitos, Helsingin yliopisto.

http://www.helsinki.fi/kemia/hallinto/strategiat/tutkimuksen_tavoiteohjelma_2007-2009.pdf, luettu 27.9.2010.

Lincoln, Y. S. & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Beverly Hills, CA: Sage Publications Inc.

Novak, J. D. (1998). *Tiedon oppiminen, luominen ja käyttö: Käsitekartat työvälineinä oppilaitoksissa ja yrityksissä*. (Suom. M. Åhlberg). Jyväskylä: PS-kustannus.

O'Donnell, A. M. (2004). A commentary on design research. *Educational Psychologist* (39)4, 255-260.

Pernaa, J. (2010). Tieto- ja viestintätekniikkaan pohjautuvat oppimisympäristöt ja koulutus kemian oppimisen ja opetuksen tukena. Licensiaattitutkielma, Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/Tutkimus/licensiaattityot/pernaa_licensiaattityo.pdf, luettu 16.9.2010.

Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of Innovations*. New York: Free Press.

Sandoval, W. A. & Bell, P. (2004). Design-based research methods for studying learning in context: Introduction. *The Journal of the Learning Sciences*, 39(4), 199-201.

Schank, P. & Kozma, R. (2002). Learning chemistry through the use of a representation-based knowledge building environment. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 21(3), 253-279.

Slotta, J. D. (2004). The web-based inquiry science environment (Wise): Scaffolding knowledge integration in the science classroom. Kirjassa M. C. Linn, E. A. Davis & P. Bell (toim.), *Internet environments for science education* (s. 203-231). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Tuomi, J. & Sarajarvi, A. (2009). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Helsinki: Tammi.

Vehkalahti, K. (2004). BSCW menetelmäkurssin oppimisympäristönä. *Piirtoheitin*, 1(1).
<http://www.valt.helsinki.fi/piirtoheitin/bscw1.htm>, luettu 17.9.2010.

Wang, F. & Hannafin, M. J. (2004). Using design-based research in design and research of technology-enhanced learning environments. Artikkelit esitetty konferenssissa Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA.

Kemian noviisiopettajien käsityksiä opettajan työstä ensimmäisinä työvuosina

Heidi Handolin¹, Maija Aksela¹ & Jari Lavonen²

¹ Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

² Opettajankoulutuslaitos, Helsingin yliopisto

Kemian opettajan peruskoulutuksen tavoitteena on antaa opiskelijalle akateeminen koulutus sekä samalla valmiuksia tulevan opettajan työlle — elinikäiseen oppimiseen. Tämä tutkimus tarkastelee vasta valmistuneiden kemian aineenopettajien käsityksiä työelämän ensimmäisistä vuosista ja niiden haasteista. Teoreettinen viitekehys tarkasteli kemian aineenopettajan osaamisen rakentumisen eri osa-alueita ja erityisesti noviisiopettajien haasteita sekä niiden kehittymisen tukemista. Kohderyhmänä tutkimuksessa oli yhdestä viiteen vuotta työelämässä olleita kemian opettajia, nk. noviisiopettajia. Haastatteluun osallistui kolme noviisiopettajaa. Tutkimus oli laadullinen tutkimus ja menetelmänä käytettiin teemahaastattelua. Pää tavoitteena oli saada selville millaisia kokemuksia kemian aineenopettajilla on työelämän ensimmäisistä vuosista. Tutkimuksessa etsittiin tarkemmin vastausta kysymyksiin i) millaisia haasteita noviisiopettajat kokevat työelämän ensimmäisinä vuosina ja ii) millaisia tukitoimia he kokevat tarvitsevänsä tukemaan osaamisensa kehittämistä. Tässä artikkelissa käsitellään tutkimuksen ensimmäisen osan päätuloksia. Tulosten mukaan noviisiopettajat kohtaavat työelämän ensimmäisinä vuosina lukuisia haasteita. Tutkimuksessa löydettiin 30 erilaista noviisiopettajien haastetta. Näitä kategorioita verrattiin edelleen teoreettisen viitekehysten mukaisiin opettajan osaamisen osa-alueisiin. Kaikki haastatellut opettajat toivat esille erityisesti työnkuormittavuuteen ja tuntien organisointiin sekä kokeellisuuteen liittyviä haasteita. Noviisiopettajat kokivat tarvitsevänsä haasteidensa voittamiseen ja osaamisensa kehittämiseen tukea. Tällaisia tuen muotoja voivat olla esimerkiksi koulun tarjoamat sisäiset sekä muiden tahojen järjestämät tukitoimet, kuten täydennyskoulutus. Kaikki haastatellut noviisiopettajat toivat esiin myös erityisesti vertaistuen tärkeän merkityksen yhtenä tukitoimien muotona.

1. Noviisiopettajien työelämän haasteet ja niiden tukeminen

1.1 Noviisiopettajien haasteet

Noviisiopettajien haasteita on tutkittu maailmanlaajuisesti, mutta erityisesti luonnontieteiden noviisiopettajia ja heidän haasteitaan on tutkittu melko vähän (esim. Abell, 2008; Davis, Petish & Smith, 2006). Euroopassa aihetta on tutkinut esimerkiksi Nielsen (2010) tutkiessaan luonnontieteitä opettavien noviisiopettajien haasteita Tanskassa. Ulvik, Smith ja Helleve (2006) ovat tutkineet yleisesti lukion opettajien positiivisia ja negatiivisia kokemuksia norjalaisten noviisiopettajien näkökulmasta. Puolestaan Suomessa erityisesti luonnontieteiden tai kemian noviisiopettajien haasteisiin liittyvää tutkimusta ei ole tehty.

Aiempien tutkimusten perusteella aloittavien opettajien uran alkumetreit ovat raskaita. (Davis et al., 2006). Toisaalta aloittavat opettajat pitävät työstään. Ulvikin, Smithin ja Hellevein (2006) tutkimuksen mukaan noviisiopettajat saavat tyytyväisyyden tunnetta oman aineensa erikoisuuksista ja opetuksesta. Ulvik (2006) luettelee noviisiopettajien kokemia tyytyväisyyteen liittyviä haasteita, kuten työhön käytetyn ajan ja panostuksen määrän, joka on poissa esimerkiksi perheeltä. Luokkatilanteissa kohdattavia haasteita

voivat olla esimerkiksi luokan hallinta ja kurinpidolliset tehtävät (Ulvik et al., 2006). Veenman (1984) on jakanut noviisiopettajien kohtaamat haasteet kaiken kaikkiaan 24 eri kategoriaan, joiden perusteella myös esimerkiksi Bullough (1989) ja Fantilli tutkimusryhmineen (2009) ovat ryhmitelleet havaitsemansa haasteet. Tämän tutkimuksen kannalta keskeisistä aikaisemmissa tutkimuksissa havaituista haasteista on koottu taulukkoon 1.

Taulukko 1. Aikaisemmissa tutkimuksissa havaitut noviisiopettajien haasteet ryhmiteltyinä.

Veenman (1984)	Ulvik (2009)	Fantilli et al. (2009)	Brock & Grady (1998)	Bullough (1989)
Luokan hallinta ja kurinpito	Luokan hallinta	Luokan hallinta ja käytösongelmat	Luokanhallinta ja kurinpito	Luokanhallinta ja kurinpito
Oppilaiden motivointi	Arviointi	Erytisoppilaiden kohtaaminen	Oppilaiden konfliktien selvittely	Oppilaiden motivointi
Oppilaiden erilaisten tarpeiden huomiointi	Ajanpuute ja hallinnointi opetustilanteissa	Vuorovaikutus ja yhteistyö vanhempien kanssa	Oppilaiden erilaisten tarpeiden huomioimien	Oppilaiden erilaisten tarpeiden huomioimien
Arviointi	Työhön käytetty aika ja energia sekä oman elämän kärsiminen	Vuorovaikutus ja yhteistyö kollegojen kanssa	Arviointi	Arviointi
Yhteistyö oppilaiden vanhempien kanssa	Koko vuoden suunnittelu ongelmallista alussa	Pitkän tähtäimen suunnitelmat ja ajankäyttö	Vihaisten vanhempien käsittely	Yhteistyö oppilaiden vanhempien kanssa
Luokkahuoneen työskentelyn organisointi	Informaation puute ja päivittäiset koulurutiinit	Vuorovaikutus ja yhteistyö johdon kanssa	Tuntien ryhmitys	Luokkahuoneen työskentelyn organisointi
Materiaalien ja tarvikkeiden riittämättömyys	Oman elämän "kärsiminen"	Erytisoppilaiden kohtaaminen	Opetusmenetelmien vaihtelu	Materiaalien ja tarvikkeiden riittämättömyys
Oppilaiden erilaisten ongelmien selvittely	Reflektiolle ei aikaa	Erytisoppilaiden kohtaaminen	Asianmukaisten odotusten asettaminen oppilaille	Oppilaiden erilaisten ongelmien selvittely
Työnkuormittavuus ja siihen käytetty aika	Oman roolin ja tehtävien hahmotusongelmat	Apu- ja tukimuotojen löytämisen hankaluudet	Paperityön tekemien ylläpitäminen (selviytyminen)	
Yhteistyö kollegojen kanssa	Joukkoon sopeutumien, vaatimukset ja ennakko-oletukset	Palkkauskäytänteet	Stressin kanssa työskentely	
Tuntien ja koulupäivien suunnittelu	Sijaisena aloittamien tuomat omat haasteensa			
Opetusmenetelmien vaihtelu	Vertaistuen puute			
Koulun käytäntöjen ja sääntöjen opettelu				
Oppilaiden oppimistasojen määrittäminen				
Ainehallinnan osaaminen				
Paperityön kuormittavuus				
Suhteet johdon ja rehtorin kanssa				
Puutteelliset kouluvälineet				
Hitaasti oppivien käsittely				
Eri kulttuuritaustaisten oppilaiden käsittely				
Kirjojen ja opetussuunnitelma-oppaiden tehokas käyttö				
Vapaan ajan puutteet				
Opastuksen ja tuen puutteet				
Suuret luokkakoot				

1.2 Tukitoimet ja niiden merkitys

Noviisiopettajien haasteiden tunnistuksen jälkeen tulee pohtia myös jatkoa ja kuinka kyseiset haasteet on ennaltaehkäistävissä tulevaisuudessa. Aikaisempien tutkimusten perusteella tukitoimet auttavan noviisiopettajia selviytymään paremmin työelämän ensimmäisistä vuosista (Davis et al, 2006). Tukitoimia voivat olla esimerkiksi induktiokoulutus, mentorointi, reflektointi ja vertaistuki tai opetusmateriaali (Esim. Abbot, Moran & Clarke, 2010; Luft, 2010). Aiemmissa tutkimuksissa korostuu myös noviisiopettajan työyhteisön hyvinvoinnin sekä johtoportaalle merkitys aloittavan opettajan tukemisessa (Abbot, Moran & Clarke, 2010; Gavish & Friedman, 2010).

Noviisiopettajien tukeminen koetaan aiemman tutkimustiedon mukaan tärkeäksi jo yksin alalla pysyvyyden parantamisen näkökulmasta (esim. Veenman, 1984). Mikäli vasta-alkanut opettaja saa tukea osa-alueilla, joissa hänellä on haasteita, myös hänen taitonsa opettajana ja hyvinvointinsa paranee tutkimusten mukaan (Anderson & Mitchener, 1994). Induktiokoulutusta on järjestetty sekä tutkittu maailmalaajuisesti yhtenä tukitoimena (esim. Bianchini & Brenner, 2009; Abbot et al., 2010). Induktiokoulutuksella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa opettajankoulutuksen jälkeen tapahtuvaa opettajien ”täydennyskoulutusta” heidän työskennellessään opettajina työelämän ensimmäisinä vuosina (vrt. Bullough, 1989; Bianchini & Brenner, 2009). Täydennyskoulutuksella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa lisäksi kaikkea noviisiopettajille suunnattua omaan osaamisen kehittämiseen liittyvää koulutusta. Aiempien tutkimusten mukaan eräs hyvä tapa tukea noviisiopettajia on mentorointi (esim. Ulvik et al, 2006; Luft, 2010; Löfström & Eisenschmidt, 2009). Mentoroinnista toivotaan apua opetettavaan aineeseen, oppilaiden kanssa tapahtuvaan vuorovaikutukseen ja esimerkiksi ryhmän hallintaan eli lähes kaikkeen, mikä liittyy opettajan työhön (Ulvik et al., 2006). Ennen kaikkea noviisiopettajat kokevat tarvitsevänsä lisää aikaa (Ulvik et al., 2006).

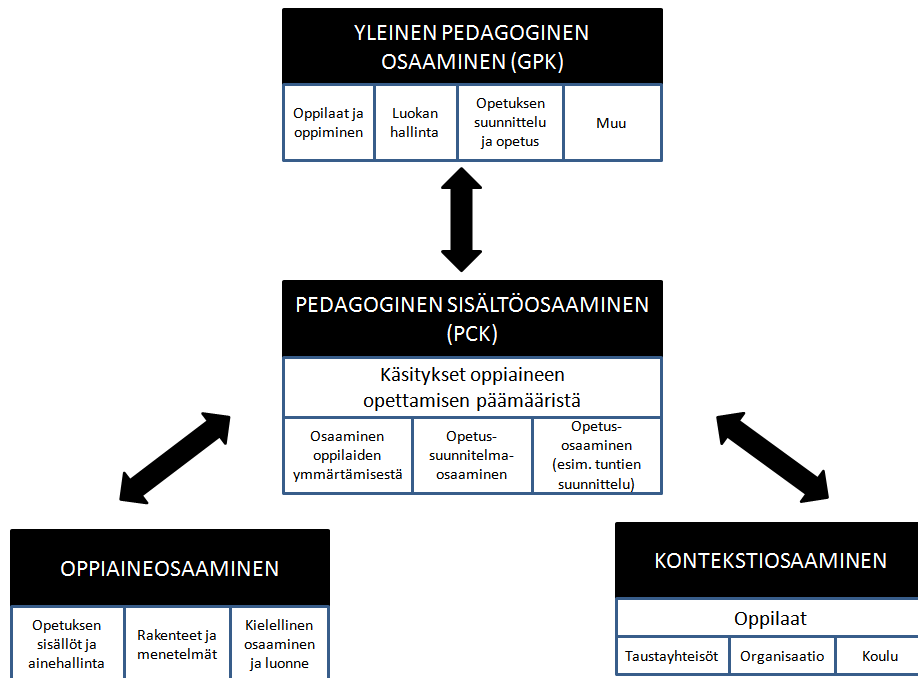
Yhtä ratkaisua tukitoimiin ei varmasti ole, opettajia on erilaisia ja kukin haluaa osin myös selviytyä omalla tavallaan urallaan eteenpäin. Osa tukitoimista ja ratkaisuista vaatii myös laajempaa muutosta ja panostusta koko työyhteisössä sekä myös yhteiskunnassa. Noviisiopettajat näyttäisivät myös löytävän itsenäisesti joitain tukimuotoja aiemman tutkimuksen mukaan. He näyttäivät etsivän itsestään omia vahvuuksiaan ja kääntämällä ne positiivisiksi kokemuksiksi, osa puolestaan löytää tukea omasta perheestään, osa taas ei. (vrt. Ulvik et al., 2006; Davis et al., 2006)

2. Opettajan osaaminen ja sen kehittäminen

2.1 Opettajan osaaminen, tieto ja taito

Opettajan osaaminen, tieto ja taito ovat hyvin laajoja käsitteitä, joita on maailman laajuisesti tutkittu ja kirjallisuudessa käsitelty jo viitisenkymmentä vuotta (Abell, 2006). Tässä tutkimuksessa opettajan osaamisella tarkoitetaan kaikkea sitä, mikä liittyy opettajan osaamiseen, tietouteen, tietoon ja taitoon (engl. *teacher knowledge*) sekä koko opettajan työnkuvaan. Aiemmissa tutkimuksissa kyseisiä käsitteitä on käsitelty hieman ristiin ja niiden välillä on jossain tapauksissa myös melko häilyvä raja (Abell, 2006).

Shulmanin (1987) tutkimusten mukaan opettajan osaaminen tulisi määritellä vähintään seuraavin kategorioin: sisältöosaaminen, yleinen pedagoginen osaaminen, opetussuunnitelmaosaaminen, pedagoginen sisältöosaaminen, osaaminen oppijoista, kasvatuksellinen kontekstiosaaminen ja kasvatuksellinen osaaminen opetuksen tarkoituksista sekä arvoista (Shulman, 1987). Grossmanin (1990) mukaan opettajan osaaminen rakentuu pedagogiseen ja oppiaineen sisältötietoon, kontekstitietoon ja yleiseen pedagogiseen tietoon (kuva 1). Kyseinen teorialmalli pohjautuu Shulmanin taustateorioihin ja on mukailtu hänen mukaansa (Grossman, 1990).



Kuva 1. Malli opettajan osaamisen rakentumisesta.

Magnusson, Krajcik ja Borco (1999) ovat tutkineet myös opettajan pedagogista osaamista. Heidän teorialmallinsa pohjautuu myös lähtökohtaisesti Shulmanin ja edelleen Grossmanin muokkaamiin opettajan osaamisen malleihin. He ovat lähestyneet tosin opettajan osaamista erityisesti luonnontieteiden opetuksen näkökulmasta, tuoden mukaan muutamia omia lisätarkennuksia kategorioihin. (Magnusson, Krajcik & Borco, 1999)

Abell (2008) on puolestaan yhdistänyt tutkimuksessaan erityisesti opettajan pedagogisen osaamisen (pedagogical content knowledge for science teaching) eri tekijöitä erityisesti luonnontieteiden opetuksen näkökulmasta. Abellin teorialmalli on rakennettu niin, että se pohjautuu puolestaan Grossmanin teorioihin (kts. edellä) samalla yhdistäen Magnussonin, Krajacikin ja Borkon teoriaa, täydentäen ja erikoistuen erityisesti luonnontieteiden opettajien kysymyksiin, kuten ainehallintaan (Abell, 2008). Eri tutkijat määrittelevät kyseiset käsitteet hieman eri tavoin. Määritelmiä on vertailtu tarkemmin aiemmissa tutkimuksissa (esim. Van Driel, Verloop & De Vos, 1998; Asikainen & Hirvonen, 2010). Tässä tutkimuksessa keskitytään opettajan osaamisen rakentumisen aiempaan

tutkimustietouteen erityisesti Grossmanin (1990) mallin mukaisesti, samalla huomioiden opettajien haasteisiin ja elinikäiseen oppimiseen liittyvää aiempaa tutkimustietoa.

Erityisesti kemian opettajien haasteita on myös Suomessa tutkittu aiemmin. Esimerkiksi Aksela ja Karjalainen (2008) ovat tutkineet kemian opettajia ja kemian nykytilanteen haasteita Suomessa. Tutkimuksen mukaan suurimmat haasteet esimerkiksi kokeellisuudessa ovat ajanpuute, resurssit ja ryhmäkoot. Resurssiin liittyvillä haasteilla tarkoitetaan tilojen, materiaalien ja välineiden puutteita (Aksela & Karjalainen, 2008).

3. Tutkimuskysymykset

Osaaminen on yhä keskeisempi tekijä työelämässä menestymiselle. Kerran opittu ei luo edellytyksiä tulokselliselle toiminnalle läpi koko elämänkaaren, joten elinikäisen oppimisen rooli on merkittävä. Siksi opettajan peruskoulutuksen tarjoamat valmiudet jatkuvaan uuden oppimiseen korostuvat työelämässä (Opetusministeriö, 2005). Oman osaamisen jatkuvaan kehittämisen valmiudet syntyvät opiskeluvaiheessa. Opettajien peruskoulutuksen yhtenä keskeisenä tavoitteena Helsingin yliopistossa on kouluttaa kemian aineenopettajia, jotka ovat elinikäisiä oppijoita, tutkijoita ja kykeneviä seuraamaan kemian ja opetuksen kehittyviä sovelluksia (Aksela, 2010). Kehittämällä opettajien osaamista vaikutetaan samalla opetukseen ja opiskeluun koululuokassa ja oppilaiden oppimiseen. Opettajan osaamiseen liittyvästä aiemmasta tutkimustiedosta on ollut hyötyä kehitettäessä opettajien peruskoulutusta (Abell, 2008; Krzywacki, 2009). Koska opettaja on tärkeä avainhenkilö koko oppimisprosessissa sekä opetuksen kehittämisessä (Hewson, 2008), opettajan ammatillisen osaamisen kehittäminen perus- ja täydennyskoulutuksessa on tärkeää (Juuti, Lavonen, Aksela & Meisalo, 2009).

Tässä artikkelissa käsiteltävässä tutkimusosassa etsitään vastausta kahteen tutkimuskysymykseen:

1. Millaisia haasteita kemian noviisinopettajat ovat kohdanneet työelämän ensimmäisinä vuosina?
2. Millaisia tukitoimia he kokevat tarvitsevänsä tukemaan osaamisensa kehittämistä?

4. Tutkimusmenetelmä

Tutkimus on laadullinen tapaustutkimus (Syrjälä, Ahonen & Syrjäläinen, 1994). Tutkimusmenetelmänä käytettiin teemahaastattelua (Hirsjärvi & Hurme, 1988). Tutkimusaineisto analysoitiin sisällönanalyysin avulla (Tuomi & Sarajärvi, 2002).

Haastattelun teemoiksi valittiin tutkimuskirjallisuudesta nousseet tutkimuskysymykset, jotka tarkentuivat tutkimuksen edetessä. Kemian noviisiopettajien haasteita ei ole aiemmin tutkittu suomalaisessa koulutusjärjestelmässä, jonka vuoksi tässä tutkimuksessa lähdettiin osin lähestymään aihetta myös aineistolähtöisesti niin, että haastattelusta löytyneitä seikkoja käytettiin teoreettisen viitekehyksen tarkentamiseen eli aineisto analysoitiin teoriaohjaavasti. Noviisiopettajien työelämän ensimmäisien vuosien aikana kohtaamia haasteita pyrittiin löytämään haastattelussa teemoittain. Haastateltavia pyydettiin

esimerkiksi pohtimaan asiaa yllättävien, uusien ja ennakoimattomien tilanteiden sekä kokemuensa omien heikkouksien näkökulmasta, mutta myös kysymällä tutkimuskysymysten mukaisia kysymyksiä suoraan.

Tässä tutkimuksessa on käytetty teoriaohjaavaa sisällönanalyysia. Aiemmasta tutkimuskirjallisuudesta on noussut esiin käsitteitä, joita käytetään aineiston luokittelussa ja vertailussa apuna. Näin ollen jätettiin mahdollisuus myös uusien käsitteiden esiin nousulle.

Tutkimuksen kohderyhmänä on vastavalmistuneita kemian aineenopettajia, ns. noviisiopettajia. Kohderyhmää on rajattu vuosina 2007-2009 valmistuneisiin opettajiin, joilla on opetuskokemusta 1-3 vuotta. Haastatteluajankohta oli syyskuussa 2010, jolloin myös seuraava lukuvuosi oli haastateltavien kohdalla jo alkanut (kts. Taulukko 2). Kohderyhmää edustavat kolme noviisiopettajaa, jotka valittiin satunnaisesti Helsingin yliopistosta valmistuneista kemian opettajista.

Taulukko 2. Haastateltujen opettajien taustatietoja (PK=peruskoulun vuosiluoka 7-9, L=lukio, KE=kemia, MA=matematiikka, HY= Helsingin Yliopisto).

	Valmistumisvuosi	Opetusaste	Opettajan pätevyys	Luokanvalvoja/ ryhmänohjaaja	Muu työkokemus	Opiskeluylipisto
Noviisiopettaja 1	2009	L	KE + MA	EI	EI	HY
Noviisiopettaja 2	2008	PK	KE + MA	KYLLÄ	EI	HY
Noviisiopettaja 3	2007	PK + L	KE + MA	KYLLÄ	EI	HY

5. Tulokset

5.1 Työelämän haasteet

Haastatteluissa noviisiopettajat kertoivat lukuisista haasteista. Luokittelussa löytyi uusia luokkia aiemmasta tutkimuskatsauksesta poiketen. Sisällönanalyysissä muodostuneet luokat on koottu taulukkoon 3. Aiemmasta tutkimuskatsauksesta poiketen analysoinnissa löydettiin uusia haasteiden kategorioita ja aiempia luokkia on osittain yhdistetty aineistonanalyysin mukaisesti. Uusia esiin nousseita luokkia olivat: kokeellisuus, muut opettajan tehtävät kouluyhteisössä, ainesisältöjen sovellukset, työkuormittavuus kokeellisuuden osalta, oppilaiden tasapuolinen kohtelu, työturvallisuus, tekniikan hyödyntäminen ja kemikaalien käsittely ja varastointi.

Taulukko 3. *Noviisiopettajien haasteita työelämän ensimmäisinä vuosina. Tummennettuina uudet luokat verrattuna aiempaan tutkimustietoon.*

Noviisiopettajien kohtaamia haasteita	Haastateltava 1	Haastateltava 2	Haastateltava 3
Kurinpito ja opetustilanteiden hallinta		x	
Oppilaiden motivointi			x
Arviointi	x	x	
Opetustilanteiden organisointi ja työskentely	x		x
Oppilaiden oppimistasojen määrittäminen			x
Ainehallinnan osaaminen	x		
Puutteelliset tilat ja välineet		x	x
Tehokas opetuksen suunnitteleminen ja opetussuunnitelman toteuttaminen	x		x
Suuret luokkakoot	x		x
Tuntien, pitkäntähtäimen ja ajankäytön suunnittelu	x	x	x
Työn kuormittavuus ja siihen käytetty aika	x	x	x
Koulun käytäntöjen ja päivittäisten rutiinien opettelu		x	x
Paperitöiden kuormittavuus			x
Yhteistyö koulun johdon kanssa			x
Tukitoimien puuttuminen ja puutteet	x		x
Sijaisena aloittamisen tuomat ongelmat			x
Vertaistuenpuute	x		x
Yhteistyö kollegojen kanssa			x
Vapaa-ajan puutteet ja oman elämän kärsiminen	x		
Stressin kanssa työskentely, ei aikaa omalle reflektiolle			x
Palkkauskäytänteet			x
Yhteistyö vanhempien kanssa		x	x
Oppilaiden tasapuolinen kohtelu		x	
Kokeellisuus	x	x	x
Kemikaalien käsittely ja varastointi		x	
Ainesisäلتöjen sovellukset	x		x
Työn kuormittavuus erityisesti kokeellisuuteen liittyen			x
Tekniikan hyödyntäminen	x	x	
Työturvallisuus			x
Muut opettajan tehtävät kouluyhteisössä		x	x

Haasteiden luokista erityisesti tuntien, pitkäntähtäimen ja ajankäytön suunnittelu, työn kuormittavuus ja siihen käytettyä aika sekä kokeellisuus olivat haasteita, joita jokainen haastatelluista nosti vastauksissaan esille.

Kysyttäessä haastateltavilta, kuinka hyvin he ovat selvinneet ensimmäisistä opetusvuosistaan, vastauksissa näkyy erityisesti työn kuormittavuus ja todellisuus, kuinka paljon työ todella vie aikaa. Haastateltava 3 kertoi melko konkreettisesti, kuinka paljon hänen oma vapaa-aikansa on kärsinyt suuresta työmäärästä. Tosin haastateltavat kokivat kuitenkin työssään olevan myös positiivisia asioita.

”No erittäin raskaasti. Sillä tavalla, et kaks ensimmäistä vuotta mä tein töitä niinku seitsemän päivää viikossa, sekä lauantait että sunnuntait että kaikki illat. Ja nyt viime vuonna ja tänä vuonna en aio tehdä lauantaisin töitä, mutta sunnuntaisin vieläkin ja illat ja kaikki välitunnit ja kaikki ruokatunnit. Elikä siis aikaa menee ihan tajuttoman kauan.”
Haastateltava 3

Haastateltu peruskoulun kemian opettaja puolestaan nosti esiin luokan hallinnalliset ja kurinpidolliset seikat. Yllättävänä asiana opettajat kokivat erityisesti oppilaiden käytökseen liittyvät seikat sekä kokonaisuudessaan kurinpito ja siihen liittyvät opettajan toimet, miten menetellä tietyissä tilanteissa.

Noviisiopettajat nostivat esiin arvioinnin tuomat haasteet. Arvioimiseen liittyvät käytännön toteutukset, kuten kokeiden laadinta ja pisteyttäminen sekä ylioppilaskokeiden arviointi koettiin haasteelliseksi uran ensimmäisinä vuosina.

”... Esimerkiks arviointi on sellane, missä on niinku et miten pisteytetään tehtäviä. Tai milloin, tai sanallisten tehtävien arviointi et ku ihmiset ei kirjoita niinku minä kirjoittaisin ni miten mä arvioin niitä et tääki on hyvä vastaus vaik tää ei oo kirjoittanu niinku mä haluaisin et tää vastataan.” Haastateltava 1

Haastatellut kokivat erityisen haasteelliseksi myös esimerkiksi tärkeiden asioiden kokonaisuuden hahmottamisen. Opettajat kokivat, että alussa on kovin haasteellista myös aikatauluttaa aihesisältöjä oppituntien aikarajoihin ja erityisesti pohtia, mitä asioita painotetaan kurssilla ja mitä puolestaan voidaan jättää mahdollisesti pois.

Tutkimuksessa löytyi erityisesti kemian opetukseen liittyviä haasteita. Tällaiset haasteet koostuivat pääosin opetustilanteisiin sekä niiden suunnitteluun liittyvistä haasteista, mutta myös esimerkiksi erityisesti kokeellisuuden tuoma lisäkuormitus on toisaalta myös järjestelmään ja yhteisöön liittyvä ongelma. Kokeellisuuden lisäksi kemian opetukseen liittyvänä haasteina pidettiin esimerkiksi ainesisältöjen soveltamista opetustilanteisiin ja kemikaalien käsittelyyn sekä varastointiin liittyvää problematiikkaa.

Ennakoimattomia ja yllättäviä tilanteita löytyi haastateltavilta useita yhtä opettajaa lukuun ottamatta. Haastateltava 1 koki, ettei ollut kohdannut mielestään opettajan työssään vielä niinkään yllättäviä tilanteita vaan, että työ on vastannut hänen odotuksiaan. Hän koki kuitenkin, että ensimmäisinä vuosina oli kohdannut haasteita ja ongelmakohtia, joihin hän kaipaisi myös tukitoimia, mutta asiat eivät olleet yllättäneet.

”En mä osaa sanoa, et olis ollu mitään niinku et oho, tätäpä en nyt osannu ennakoida.”
Haastateltava 1

Lukiossa opettavilla kemian noviisiopettajista molemmat kokivat vastauksissa selkeästi kemian ainehallinnassa olevia haasteita. Erityisesti haasteita oli kemian sovelluksissa ja kemian teorian sitomisesta arkipäivän esimerkkeihin tai käyttökohteisiin.

”Et sovellusalueet on niinku selkeä heikkous et pystyis heittää esimerkkei tälle näi että missäs tätä juttua nyt käytetään.” Haastateltava 1

Kokeellisuus, erityisesti kuormittavuuden näkökulmasta, sekä ajankäytöllisten ongelmien vuoksi koettiin haasteena. Kokeellisuuden teettäminen koettiin olevan hyvin työlästä erityisesti suunnittelun ja valmistelun näkökulmasta. Tässä korostuivat noviisiopettajalle uudet tilat, välineiden puutteet sekä näihin yhdistettyinä suuret ryhmäkoot, jotka aiheuttavat lisäpulmia tuntien suunnittelussa. Samoin kokeellisuuden sisällyttäminen kurssi- ja tuntisuunnitelmiin tuntui olevan haasteena erityisesti lukion opettajien osalta.

”...Ja miten vaikee ja hidas se prosessi on ku se oppilas tekee sen työn. Et siin oli se yllätys et niihi menee niinku siihe pikkaseen veden keittämiseen kaksoistunti ja joku puolet ryhmästä ei saa tehtyä sitä työtä. Ja sit lukiossa taas se ei ollu niinku yllätys että ne ryhmät on isoja, mut se oli yllätys et siel ryhmässä on 35 ja sinne luokkaan vois laittaa 40 ja et siel luokas ei oo mitään muuta ku pulpetteja et siel ei onnistu tehdä mitään.” Haastateltava 3

Osa haastatelluista koki koulun ja kodin välisen yhteistyöhön liittyviä haasteita. Haastateltava 1 ei ollut haastatteluhetkeen mennessä ollut yhteyksissä oppilaiden vanhempiin vielä. Muiden osalta haasteet koostuivat pääosin opettajan ja vanhempien välisistä vuorovaikutustilanteista ja niissä nousseisiin haastaviin tilanteisiin sekä yleisesti yhteydenpitoon.

”No varmaan suurin on ollu sitte kuitenkin se vanhempien kanssa yhteistyö. Siihen ei kukaan tavallaan ollu valmistanut siihe yhtään. Ja se oli ihan uus juttu...” Haastateltava 2

Luokiteltaessa noviisiopettajien haasteet erityisesti opettajan osaamisen näkökulmasta noviisiopettajien haasteita, voidaan havaita, että ”kirjallisuuskatsauksen pääkategorioista” (Vrt. esim. Grossman, 1990) noviisiopettajilla näyttäisi olevan haasteita ja ongelmia jokaisessa opettajan osaamisen osa-alueessa: yleisen pedagogisen osaamisessa, pedagogisessa sisältöosaamisessa, oppiainesosaamisessa ja kontekstiosaamisessa. Oppiainesosaamisen alaluokista rakenteellisia ja kielellisiä haasteita ei tosin noussut haastatteluissa esiin. Toisaalta kokeellisuus ja sen haasteet näkyvät vastauksissa erityisesti oppiainesosaamisen näkökulmasta hyvin vahvasti. Kaikkia edellä muodostuneita haasteita ei analysoinnissa voitu yhdistää opettajan osaamisen, jonka vuoksi jäljelle jäi erillinen kategoria, noviisiopettajien muut haasteet. Kyseiset konkreettiset haasteet liittyvät pääosin esimerkiksi koulutilojen haasteisiin, työn kuormittavuuteen ja näin ollen opettajan jaksamiseen sekä tukitoimien puutteisiin.

Taulukko 4. *Noviisiopettajien kohtaamia haasteita osaamisen eri osa-alueissa (vrt. Grossman, 1990).*

YLEINEN PEDAGOGINEN OSAAMINEN	PEDAGOGINEN SISÄLTÖ- OSAAMINEN	OPPIAINES- OSAAMINEN	KONTEKSTI- OSAAMINEN	MUUT HAASTEET
Oppilaiden motivointi	Oppilaiden oppimistasojen määrittäminen	Ainehallinnan osaaminen	Oppilaiden tasapuolinen kohtelu	Puutteelliset tilat ja välineet
Kurinpito ja opetustilanteiden hallinta	Tehokas opetuksen suunnitteleminen ja opetus- suunnitelman toteuttaminen	Kemikaalien käsittely ja varastointi	Yhteistyö vanhempien kanssa	Sijaisena aloittamisen tuomat ongelmat
Arviointi	Tuntien, pitkántähtäimen ja ajankäytön suunnittelu	Kokeellisuus	Muut opettajan tehtävät kouluyhteisössä	Työn kuormittavuus, erityisesti kokeellisuuteen liittyen
Opetustilanteiden organisointi ja työskentely		Ainesisältöjen sovellukset	Palkkaus- käytänteet	Työn kuormittavuus ja siihen käytetty aika
Tekniikan hyödyntäminen		Työturvallisuus	Koulun käytäntöjen ja päivittäisten rutiinien opettelu	Paperitöiden kuormittavuus
Suuret luokkakoot			Yhteistyö vanhempien kanssa	Stressin kanssa työskentely, ei aikaa reflektiolle
			Yhteistyö kollegojen kanssa	Vapaa-ajan puutteet ja oman elämän kärsiminen
				Tukitoimien puuttuminen ja puutteet
				Vertaistuen puute

5.2 Osaamisen kehittäminen ja tukitoimien tarpeellisuus

Haastateltavat kokivat tähän mennessä saamansa tai löytämänsä tukitoimet tarpeellisiksi, mutta kovin vähäisiksi. He kokivat tarvitsevansa nyt tai lähitulevaisuudessa tukea oman osaamisensa kehittämiseen. Noviisiopettajat nostivat esille elinikäisen oppimisen merkityksen ja tukitoimien merkityksen edellä mainittujen haasteiden voittamiseen. Haastattelun kysymyksillä etsittiin vastausta mahdollisiin tarvittaviin tukitoimiin ja niiden eri muotoihin, joita noviisiopettajat kokivat haastatteluhetkellä heidän oman osaamisen kehittämisen kannalta tärkeiksi. Sinänsä tukitoimien sisältöinä toimivat varmasti myös kaikki edellä esitetyt noviisiopettajien haasteiden aiheet.

Opettajan ensimmäinen työvuosi koetaan olevan kaikkein haasteellisin erityisesti opetustyön lisänä olevien tehtävien vuoksi. Näihin toivottiin muille, tuleville noviisiopettajille, esimerkiksi tutor-opettajien tuomaa apua.

Opintojen jälkeen jo aiemmin tarjottuja tukitoimia haastateltavat olivat kohdanneet jonkin verran. Tällaisia tukimuotoja olivat esimerkiksi toisen kollegan tuki, johdon antama perehdytys ja opiskeluaikaisten kollegojen, muiden noviisiopettajien, antama vertaistuki. Saaduissa tukimuodoissa sekä niiden hyödyllisyyden kokemuksissa näyttäisi olevan suuria eroja.

Kaikki haastateltavat nostivat esiin erityisesti vertaistuen tärkeän merkityksen tukitoimena. Haastateltavista jokainen koki löytäneensä vertaistukea yliopistoaikaisista opiskelijakavereistaan, jotka tällä hetkellä toimivat myös kemian aineenopettajina, mikä sinänsä on itse hankittu tukimuoto. Vertaistukea toivottiin myös lisää nyt ja lähitulevaisuudessa.

”Opiskelukavereiden tuki. Se on ollu sit sellanen tuki, josta on saanu henkistä tukea ja mistä kysellä ja neuvotella et mitenkä missäkin asiassa vois mennä eteenpäin.”
Haastateltava 2

Eräs opettajista toivoi täydennyskoulutuksen olevan pitkäjänteistä, jotta esimerkiksi koulutuskertojen välillä olisi mahdollista kokeilla ja testailla opittuja asioita käytännössä oppilaiden kanssa. Toisen opettajan toiveena puolestaan oli, että koulutukset olisivat lyhyitä pätkiä, jotka eivät taas kuormittaisi niin paljon ja olisi suoritettavissa esimerkiksi parina iltana tai viikonloppuna.

Hyvinä tukitoimina nähtiin niin koulun ja organisaation mahdollistamat tukitoimet kuin myös muiden organisaatioiden ja yhteisöjen tukitoimet. Koulun ja organisaation tarjoamia tukimuotoja voisivat olla esimerkiksi noviisiopettajille suunnatut koulutukset ja perehdytykset, jotka liittyvät erityisesti koulun muuhun arkeen liittyviin haasteisiin. Myös kouluyhteisön tukea, kuten koulun johdon, kollegojen ja esimerkiksi tuutoroinnin ja mentoroinnin tukea toivottiin. Muiden yhteisöjen tukitoimina koettiin esimerkiksi yliopistojen tarjoamat koulutukset eli esimerkiksi täydennyskoulutukset. Näissä tukitoimissa painotettiin myös erityisesti vertaistuen merkitystä kokonaisuudessaan ja yhtenä toimintatukimuotona, jossa muut organisaatiot ja yhteisöt voisivat auttaa.

Haastatteluissa pyydettiin noviisiopettajia lisäksi pohtimaan tarkemmin erästä tukitoimen muotoa. Tällainen tukitoimi on yliopistojen tarjoama, erityisesti noviisiopettajille

suunnattu, täydennyskoulutus. Tarkemmiksi aiheiksi nousivat aiemmin esitetyt haasteet sekä ennen kaikkea vertaistuen tarjoaminen. Toivottuja aiheita olivat sekä ainehallintaan että oppiainessisältöön liittyviä osa-alueita, kuten kemian soveltavaan osaamiseen liittyvät konkreettiset aiheet sekä käytännön esimerkit.

6. Tutkimuksen luotettavuus

Kyseessä on tapaustutkimus, jonka tavoitteena on luoda pohjaa tuleville tutkimuksille sekä samalla toimia tarvekartoituksena. Jatkotutkimuksissa tullaan myös jatkossa tarkentamaan tämän tutkimuksen tutkimustuloksia sekä näin ollen jatkossa kehittämään tutkimuksen luotettavuutta. Tutkimuksen otos on vielä melko pieni, joten tulosten yleistettävyys koko Suomen noviisiopettajiin ei ole vielä mahdollista tämän tutkimuksen perusteella. Tämä ei kuitenkaan välttämättä vaikuta merkittävästi tutkimuksen luotettavuuteen vaan kyseessä on suuntaa antava pilottitutkimus. Yleisesti voidaan sanoa, että laadullisessa tutkimuksessa aineiston koolla ei ole välitöntä merkitystä tutkimuksen onnistumiseen välttämättä (Eskola & Suoranta, 2001).

Tässä tutkimuksessa luotettavuus perustuu erityisesti kvalitatiivisen tutkimuksen aineiston ja johtopäätösten pätevyyyteen. Samoin tutkimusmenetelmää ja haastattelua valmisteltaessa tutkija on pyrkinyt valitsemaan haastatteluteemat teoriaviitekehystä nousseiden asioiden pohjalta ja käyttämään tutkimuksen tekemisen kriteerit. Esimerkiksi tutkimuksen edetessä muodostuneet taulukot ja luokittelut jokaisesta vaiheesta on dokumentoitu. (vrt. Syrjälä et al., 1994).

7. Johtopäätökset ja pohdinta

On tärkeää tiedostaa haasteet, joita noviisiopettajat kohtaavat, jotta heidän työuraansa voidaan tukea mahdollisimman hyvin. Opettajien työuran alkua voidaan tukea työuran aikana ja sisällyttää peruskoulutukseen sellaisia elementtejä, joista on hyötyä noviisivaiheessa jo ennaltaehkäisevästi. Opettajaksi kasvamisen tulee olla katkeamaton jatkumo, joka jatkuu koko työuran ajan (Bullough, 1989).

Tutkimuksen mukaan noviisiopettajilla on osaamisessaan kauttaaltaan lukuisia haasteita. Haasteista olivat erityisesti ainehallinnallisia sekä kemian opettajan osaamiseen liittyviä osa-alueita, mutta myös opettajan arkeen ja työn kuormittavuuteen liittyviä asioita (Vrt. Grossman, 1990; Veenman, 1984). Kaikki haastatellut opettajat toivat esille erityisesti työnkuormittavuuteen ja tuntien organisointiin sekä kokeellisuuteen liittyviä haasteita. Haastatteluiden analysoinnissa opettajan osaamisen haasteiden näkökulmasta nähdään, että kaikkia haasteita oli vaikea yhdistää erityisesti opettajan osaamiseen. Jäljelle jäi erillinen kategoria, joka koostui opettajan muista haasteista, kuten työn kuormittavuuteen sekä tukitoimien puutteellisuuteen liittyvät haasteet. Nämä osa-alueet saattavat heijastua osin osaamisen eri haasteista ja saattavat helpottaa muun osaamisen kehittymisen jälkeen. Toisaalta kyseessä on nk. rakenteellisia seikkoja, joihin opettajan osaamisen kehittämisellä on mahdollisesti vaikea löytää ratkaisua. Yhtenä haasteena nähtiin olevan tukitoimien puutteellisuus, joka on hyvin konkreettinen ongelma ja jota on mahdollista tukea järjestelmällä toivottuja tukitoimia ja koulutuksia.

Kaikissa tässä tutkimuksessa esitetyissä opettajan osaamisen osa-alueissa noviisiopettajat eivät kokeneet kohdanneensa haasteita (vrt. Grossman, 1990). Tällaisia olivat ainesosaamiseen liittyvät alakategoriat, kuten rakenteelliset ja kielelliset osa-alueet. Toisaalta oppiainesosaamisen haasteet koettiin laajalti muun tyyppisinä haasteina. Kyseiset huomiotta jääneet osa-alueet voivat olla esimerkiksi sellaisia, joita opettajat eivät tuoneet esille haastatteluissa. Voi olla, että opettajat eivät esimerkiksi hahmota kyseisten osa-alueiden haasteita. Tutkimus oli tapaustutkimus sekä kohderyhmänä toimivat vain kolme noviisiopettajaa, joka määränsä puolesta saattaa vaikuttaa siihen ettei kaikkia yleisesti noviisiopettajien kokemia haasteita suomalaisessa koulutusjärjestelmässä noussut vielä esiin. Toisaalta taas suomalaisen koulutusjärjestelmän tuomat ominaispiirteet esimerkiksi opettajankoulutuksessa voivat olla seikkoja, jotka vaikuttavat asiaan. Tämän vaikutusta asiaan ei tässä tutkimuksessa ole tarkemmin tutkittu ja on esimerkiksi hyvä jatkotutkimuksen aihe.

Haastatelluilla oli erityisesti omaan aineeseen liittyviä erityishaasteita, kuten kokeellisuus ja siihen liittyvät opetukselliset ominaispiirteet (vrt. Aksela & Karjalainen, 2008). Haastatellut noviisiopettajat kokivat nämä ominaispiirteiset haasteet esimerkiksi erityisen kuormittaviksi ajallisesti. Työnkuormittavuus ja reflektion ajallisen puutteen nouseminen esiin tutkimuksessa tukee myös aiemmissa tutkimuksissa esiin nousseita haasteita (esim. Veenman, 1984; Ulvik, 2009). Toisaalta myös aiempien tutkimusten mukaan erityisesti kemian opettajilla on havaittavissa aineelle ominaisia haasteita, jotka osin ovat myös nähtävissä tämän tutkimuksen tuloksissa noviisiopettajilla (Vrt. Aksela & Karjalainen, 2008). Tutkimuksesta on havaittavissa, että on mahdollista, että noviisiopettajat pitävät työstään toisaalta myös juuri kemian kiinnostuksen ja innostuksensa vuoksi (vrt. Ulvik, 2009)

Aiempien tutkimusten mukaan vastavalmistuneille suunnatuilla koulutuksilla on koettu olevan merkittäviä erityisesti työelämän alussa (Anderson & Mitchener, 1994). Tämän tutkimuksen tulosten mukaisesti suomalaisessa koulutusjärjestelmässä kemian aineenopettajat kokevat täydennyskoulutuksen jo ensimmäisinä työvuosinaan tärkeäksi. Haastatellut kokivat, että heidän oman jatkonsa kannalta olisi hyvä keskittyä esimerkiksi kouluorganisaation ulkopuolelta tarjottaviin spesifeihin täydennyskoulutusaiheisiin, kuten esimerkiksi haasteissa esiin tulleisiin aihealueisiin sekä vertaistuen lisäämiseen. Vertaistuen merkityksen toivat kaikki haastatellut esiin yhtenä tärkeänä tukitoimien muotona. Tutkimuksen pohjalta on tärkeää jatkaa aiheen tutkimista ja kehittää tarjottavia tukimuotoja. Myös muiden tukimuotojen kehittämistä tulisi jatkossa tutkia enemmän.

Tämän tutkimuksen jatkotutkimuksissa tullaan jatkamaan ensimmäisen tutkimusvaiheen antamin linjojen mukaisesti suunnitellen, toteuttaen ja kehittäen noviisiopettajille suunnattua täydennyskoulutusta. Yhden ainoan tukikeinon löytäminen noviisiopettajia haasteiden voittamisessa on vaikeaa, mutta jostain prosessi täytyy aloittaa (Ulvik et al, 2006). Haastatellut noviisiopettajat kokivat oman osaamisensa ja elinikäisen oppimisen olennaiseksi, joten myös sen tukeminen on tulevaisuuden näkökulmasta tärkeää. Tämän hetken noviisiopettajat tulevat olemaan työelämässä vielä pitkään. On tärkeää, että noviisiopettajat voivat myös hyvin jo uran alusta alkaen, jotta jaksavat alalla myös tulevaisuudessa (Gavish & Friedman, 2010; Veenman, 1984). Haasteisiin tulee kehittää ratkaisuja ja keinoja, joilla haasteet on mahdollista voittaa.

Opettajaksi kasvun tulisi olla jatkumoa, joka alkaa opiskeluvaiheessa ja kehittyy askel askeleelta eteenpäin läpi koko opettajauran. Opettajan osaaminen, tiedot ja taidot kehittyvät vuosi vuodelta loppu uran ajan (Bullough, 1989). Haasteisiin puuttumalla voidaan parantaa aineenopettajien hyvinvointia työyhteisössä ja ammatissa sekä tukea alalla pysymistä, katkeamatonta elinikäistä oppimista ja ammatillisen osaamisen kehittämistä. Noviisiopettajat tarvitsevat tukea laajasti niin kouluyhteisössä kuin myös koko yhteiskunnassa, jotta tarvittavat tukimuodot on mahdollista toteuttaa (Davitt et. al., 2006). Nämä asiat on nähtävissä myös tässä tutkimuksessa noviisiopettajien haasteina sekä tukitoimien tarpeina.

Lähteet

- Abbot, L., Moran, A. & Clarke, L. (2010). Northern Ireland beginning teachers' experiences of induction: the 'haves' and the 'have nots'. *European Journal Of Teacher Education*, 32(2), 95-110.
- Abell, S. K. (2008). Research on science teacher knowledge. Kirjassa Abell, S. K. & Lederman, N. G. (toim.), *Handbook of research on science education* (s. 1105-1149). New York: Routledge.
- Aksela, M. (2010). Evidence-based teacher education: becoming a lifelong research-oriented chemistry teacher? *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 84-91.
- Aksela, M. & Karjalainen, V. (2008). *Kemian opetus tänään: Nykytila ja haasteet Suomessa*. Helsinki: Kemian opetuksen keskus.
- Anderson, R. D. & Mitchener, C. P. (1994). Research on science teacher education. Kirjassa D. L. Gabel (toim.), *Handbook of research on science teaching and learning* (s. 3-44). New York: Macmillan.
- Asikainen, M. A. & Hirvonen, P. E. (2010). Finnish Cooperating Physics Teachers' Conceptions of Physics Teachers' Teacher Knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 21(4), 393-409.
- Bianchini, J. A. & Brenner, M. E. (2009). The role of induction in learning to teach toward equity: A study of beginning science and mathematics teachers. *Science education*, 93, 164-195.
- Brock, B. L. & Grady, M. L. (1998). Beginning teacher induction programs: the role of the principal. *Clearing House*, 71(3), 179-186.
- Bullough, R. V. (1989). *First-Year Teacher: a case study*. New York: Teachers College Press.
- Davis, E. A., Petish, D. & Smithey, J. (2006). Challenges new science teacher face. *Review of Educational Research*, 76(4), 607-651
- Eskola, J. & Suoranta, J. (2001). *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
- Fantilli, R. D. & McDougall, D. E. (2009). A study of novice teachers: Challenges and supports in the first years. *Teaching and Teacher Education*, 25, 814-825.

- Gavish, B. & Friedman, I. A. (2010). Novice teachers' experience of teaching: a dynamic aspect of burnout. *Social Psychology of Education*, 13, 141–167
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Hewson, P. (2008). Teacher professional development in science. Kirjassa Abell, S. K. & Lederman, N. G. (toim.), *Handbook of research on science education* (s. 1179-1203). New York, Routledge.
- Hirsijärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2001). *Tutki ja kirjoita*. Vantaa: Tummavuoren kirjapaino Oy.
- Hirsijärvi, S. & Hurme, H. (1988). *Teemahaastattelu*. Helsinki: Yliopistopaino.
- Juuti, K., Lavonen, J., Aksela, M. & Meisalo. (2009). Adoption of ICT in Science Education: a Case Study of communication channels in a teachers' professional development project. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*. 5 (2), 103-118.
- Koballa, T. R., Glynn, S. M., Upson, L. & Coleman, D. C. (2005). Conceptions of teaching science held by novice teachers in an alternative certification program. *Journal of science teacher education*, 16, 287-308.
- Krzywacki, H. (2009). *Becoming a teacher: emerging teacher identity in mathematics teacher education*. Helsinki: Yliopistopaino.
- Luft, J. A. (2010). Beginning Secondary Science Teachers in Different Induction Programmes: The first year of teaching. *International Journal of Science Education*, 31(17), 2355-2384.
- Löfström, E. & Eisenschmidt, E. (2009), Novice teachers' perspectives on mentoring: The case of the Estonian induction year. *Teaching and Teacher Education*, 25, 681–689
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. Kirjassa J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (toim.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (s. 95-132). Boston: Kluwer.
- Maistre, C. L. & Pare, A. (2010). Whatever it takes: How beginning teachers learn to survive. *Teaching and Teacher Education*, 26, 559–564
- Opetusministeriö (2005). *Elinikäinen oppiminen yliopistoissa -työryhmän muistio*. Yliopistopaino: Opetusministeriö.
- Sahlberg, P. (1996). *Kuka auttaisi opettajaa: Post-moderni näkökulma opetuksen muutokseen yhden kehittämisprojektin valossa*. Jyväskylä: Jyväskylä University Printing House and Sisäsuomi Oy.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-21
- Syrjälä, L., Ahonen, S. & Syrjäläinen, E. (1994). *Laadullisen tutkimuksen työtapoja*. Rauma, Kirjapaino West Point Oy.

Toren, Z. & Salman, I. (2008). The problems of the beginning teacher in the Arab schools in Israel. *Teaching and Teacher Education*, 24, 1041–1056.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2002). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Ulvik, M. Smith, K. & Helleve, I. (2009). Novice in secondary school – the coin has two sides. *Teaching and teacher education*, 25, 835–842.

Van Driel, J. H., Verloop, N. & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 673–695.

Veenman, S. (1984). Perceived problems of beginning teachers. *Review of educational research*, 54(2), 143-178.

Käsityksiä vetysidoksesta

Lassi Pyykkö & Jan Lundell

Aineenopettajakoulutus, Kemian laitos, Jyväskylän yliopisto

Kemiallinen sidos on yksi kemian avainkäsitteistä, jonka syvälinen ymmärryksen kehittyminen tapahtuu erilaisten mallien avulla. Oppijoilta odotetaan mallien tulkintaa ja erilaisten kemiallista sitoutumista kuvaavien symbolisten esitysten ymmärtämistä. Tämän kehittämistutkimuksen tavoitteena on auttaa oppilaita ymmärtämään heikon kemiallisen sitoutumisen erityistapauksen, vetysidoksen luonnetta ja siihen liittyviä käsitteitä, sekä luoda opetusmalli molekyylihallinnuksen soveltamiseksi vetysidokseen liittyvään opetukseen. Tutkimustulosten perusteella on ilmeistä, että vetysidoksen määrittelemisessä on haasteita, ja käytetyissä termeissä ja selityksissä esiintyy epätarkkuuksia ja virhekäsityksiä. Tutkimustulosten pohjalta on suunniteltu molekyylihallinnukseen perustuva oppilaiden omien näkemysten visuaaliseen tarkasteluun haastava opetuskokonaisuus vetysidoksen opettamisen ja oppimisen tueksi, jossa sovelletaan tutkivan oppimisen periaatteita. Kehittämistutkimuksen lopputuotteena on opetuskokonaisuus, jonka avulla vetysidoksen käsitettä voidaan lähestyä monipuolisemmin kemian ja biologian opetuksessa.

1. Johdanto

Kemiallisia sidoksia ja niiden oppimiseen ja opettamiseen liittyviä haasteita on tutkittu runsaasti. (mm. Özmen 2004; Taber ja Coll 2002; Harrison & Treagust, 2002). Lisäksi on tutkittu, miten kemiallinen sidos esiintyy lukion oppikirjoissa. (Stolt & Aksela, 2007) Näiden tutkimusten mukaan kemiallisten sidosten oppimisen suurimmat haasteet liittyvät pääsääntöisesti aineen partikkeliluonteeseen. Oppilaat yhdistävät aineen makroskooppiset ominaisuudet aineen mikroskooppisiin ominaisuuksiin (Harrison & Treagust, 2002). Lisäksi oppilaita sekoittaa tieteellisten mallien suuri määrä, joissa sidoksia kuvataan eri tavoin. Oppilaiden on myös vaikeuksia hyväksyä muunlaisia sidoksia kuin niitä, joissa jaetaan elektroneja (Taber & Coll, 2002). Erityisesti oppilaiden on vaikea ymmärtää heikompia kemiallisia sidoksia tai poolisia sidoksia. Lisäksi oppilaat haluavat selittää sitoutumisen oktetti-säännön avulla (Taber & Coll, 2002).

Stoltin ja Akselan (2007) tutkimuksen mukaan opettajien tärkein väline opetuksen suunnittelussa on oppikirja. Saloma (2005) taas on havainnut pro gradu-tutkimuksessaan, jossa hän tutki mm. vetysidoksen opettamista ja esiintymistä oppikirjoissa, että vaikka aihe on havaittu keskeiseksi, löytyi opetuksesta ja siinä käytetystä materiaalista haasteita. Hän toteaaakin tutkimuksessaan, että näitä asioita saataisiin helpotettua käyttämällä monipuolisempia opetusmenetelmiä, esimerkiksi molekyylihallinnusta perinteisten opetusmenetelmien tukena. Myös korostetusti käytetyt yksiulotteiset ja kaksiulotteiset kuvat ohjaavat liiaksi ajattelua ja ymmärrystä, eikä niiden avulla voi saada niin syvällistä tietoa eri ilmiöistä (Ranck, 1997). Tätä taustaa vasten aiheen syvällistä ymmärrystä tukevat ja tietotekniikan mahdollistamat oppilaslähtöiset tutkimusprojektit edesauttavat ja monipuolistavat kemiassa esiintyvien käsitteiden opettamista ja oppimista.

2. Kehittämistutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli luoda opetuspaketti vetysidoksen opettamiseen lukion kemian ja biologian opetuksessa. Tutkimus aloitettiin opettajille suunnatulla kyselyllä, jolla kartoitettiin heidän käsityksiään vetysidoksesta ja miten he havainnollistavat vetysidosta opetuksessaan. Tutkimuksen toisessa vaiheessa tavoitteena oli selvittää kahden rinnakkaisen lukion ensimmäistä kurssin ryhmässä, miten oppilaat ymmärtävät vetysidoksen. Heidän ennakkokäsityksensä selvitettiin kyselylomakkeen avulla ja oppimista testattiin sekä jälkikyselyllä että viivästetyllä kyselyllä.

Tutkimuksen kolmannen vaiheen tavoitteena oli tutkimuksesta saadun tiedon perusteella luoda opetuspaketti vetysidoksen opettamiseen. Opettajille ja oppilaille suunnattujen kyselyjen avulla hahmoteltiin, millaisista teoreettisista lähtökohdista opetuspakettia olisi koostettava ja mihin kokonaisuuksiin tai kemiallisiin yksityiskohtiin tulisi keskittyä. Opetuspaketissa tavoiteltiin sekä opettajien osaamisen vahvistamista että oppilaiden oppimisen tukemista. Tässä artikkelissa keskitytään lomaketutkimuksilla saatujen tulosten analysointiin vetysidokseen liittyvistä käsityksistä ja uskomuksista. Tutkimuksessa oli kohteena kaksi tutkimuskysymystä: 1) Miten vetysidos määritellään ja 2) millaisia käsityksiä vetysidoksissa vuorovaikuttavista vuorovaikutuksista opettajilla ja oppilailla on.

2.1 Tutkimuksen toteutus

Tutkimus toteutettiin kolmessa vaiheessa. Tutkimus aloitettiin toteuttamalla kyselytutkimus 11 opettajalle vetysidoksesta elokuussa 2009. Tiedot kerättiin kyselylomakkeen avulla, jossa oli kolme kysymystä: 1. Määrittele vetysidos ja anna esimerkki, 2. Millaisiin vuorovaikutuksiin vetysidokset perustuvat? ja 3. Miten havainnollistat vetysidosta opetuksessasi? Kysymyksillä haluttiin selvittää opettajien käsityksiä vetysidoksesta ja siitä, miten he havainnollistavat sitä opetuksessaan. Opettajien vastaukset luokiteltiin eri luokkiin sen perusteella, miten he olivat vastanneet. Opettajille ohjattiin kyselyn jälkeen kahden tunnin toiminnallinen tutkimus vetysidoksesta Spartan-molekyylimallinnusohjelman avulla. Tilaisuudesta saadun palautteen perusteella pyrittiin kehittämään käytettyä materiaalia edelleen, sillä ohjaustuokion tarkoituksena oli toimia tutkimuksen toisessa vaiheessa opetusmateriaalina koeryhmälle. Opettajien täydennyskoulutustapahtuman pohjana käytettiin Jyväskylän yliopiston Mallit ja visualisointi – kurssin (KEMS709) vetysidosta käsittelevän luennon ja laskennallisten harjoitusten materiaalia ja oppimistehtäviä.

Tutkimuksen toinen vaihe toteutettiin kahdelle (N=22 ja N=29) lukion ensimmäistä kurssia suorittavalle ryhmälle ennako-, jälki- ja viivästettynä kyselynä kyselylomakkeiden avulla. Kaikissa kyselyissä käytettiin vastaavia kolmea kysymystä kuin opettajille suunnatussa kyselylomakkeessa: 1. Määrittele vetysidos, 2. Anna esimerkki vetysidoksesta piirtämällä ja 3. Millaisiin vuorovaikutuksiin vetysidokset perustuvat. Ennako- ja jälkikysely kerättiin joulukuussa 2009 ja viivästetty kysely maaliskuussa 2010. Toinen ryhmistä toimi koeryhmänä, joka osallistui Spartan molekyylimallinnusohjelman avulla toteutettuun opetukseen. Toinen ryhmä toimi vertaisryhmänä ja he osallistuivat normaaliin opetukseen oman opettajansa johdolla.

Mallinnusta tekevässä koeryhmässä sovellettiin aikaisemmin opettajien kanssa läpikäytyä kahden oppitunnin mittaista opetuskokonaisuutta vetysidoksesta, jonka avulla havainnollistettiin vetysidosta vesidimeerissä sekä DNA:ssa esiintyvän adeniniin ja tyymiiniin muodostamassa emäsparissa. Osa mallinnustyöpajasta sisälsi Spartan-ohjelmaan tutustumista ja käytön opettelua. Opetustuokion alussa kerättiin ennakkokyselyn vastaukset. Oppilaat saivat mallinnusharjoitusten tueksi valmiit työohjeet ja työskentelyä ohjattiin kysymysten asettelulla aiheeseen liittyen. Opetuksessa käytettiin yhtä varsinaista opettajaa ja kahta apuopettajaa, jotka kiertelivät tietokoneluokassa auttamassa oppilaita tarvittaessa. Vetysidoksen opetuksen yhteydessä käytiin lyhyesti läpi myös muut heikot kemialliset vuorovaikutukset opettajajohtoisesti ilman molekyylihallinnuksen apua.

3. Tutkimustulokset

3.1 Opettajille tehdyn kyselyn tulokset

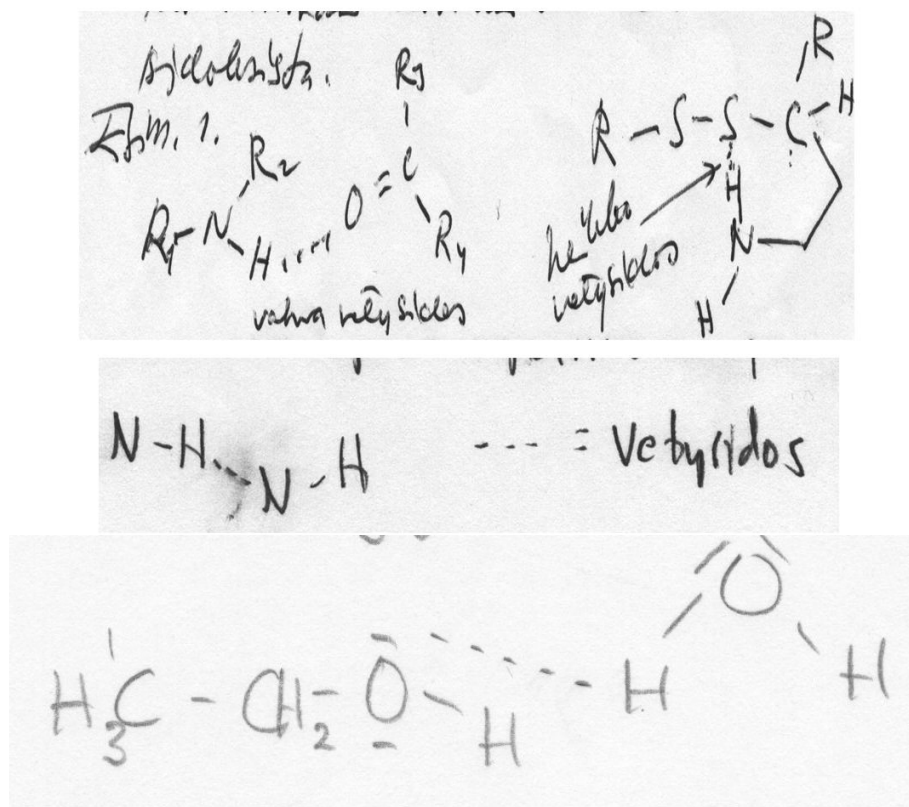
Kysely toteutettiin elokuussa 2009 Jyväskylän yliopistolla järjestetyllä mallinnusta käsittelevän täydennyskoulutuskurssin, LUMA-klubin, yhteydessä. Tutkimus aloitettiin selvittämällä, miten opettajat käsittävät vetysidoksen ja kuinka he havainnollistavat sitä opetuksessaan. Opettajia pyydettiin määrittelemään vetysidos ja antamaan siitä esimerkki. Kahden opettajan antamat vastaukset (2/11) vastasivat tutkijoiden asettamaa täydellistä vastausta, jossa vetysidos määriteltiin sähköstaattiseksi vuorovaikutukseksi joko molekyylien välillä tai molekyylin sisäisesti sen eri rakenneosien välillä. Kaikkien muiden opettajien vastaukset (9/11) sisälsivät käsityksen sähköisistä vuorovaikutuksista.

Opettajien antamia vastauksia olivat muun muassa:

” ... poolisessa molekyylissä vedyllä on posit. osittaisvaraus, toisessa mol. osassa negat. varaus. Nämäpä sitten pyrkivät tarttumaan toisiinsa ja pitävät molekyyliä yhdessä.”,

”... vedyn ja elektonegat. atomin välille, siis eri molekyylien välillä...”.

Pääsääntöisesti opettajat olivat määritelleet vetysidoksen kahden eri molekyylin väliseksi sidokseksi, joka korostui myös opettajien piirroksissa. Esimerkkejä opettajien piirroksista on esitetty kuvassa 1. Piirroksista korostuu asiantuntijan esitystavat, joissa keskitytään itse vetysidoksen esittämiseen, mutta kokonaisuutena piirrokset saattavat olla vajavaisia, esimerkiksi piirroksen molekyylit eivät ole täydellisiä (ks. kuva 1 keskimäinen piirros) tai piirretty avaruudellinen rakenne on epärealistinen (ks. kuva 1, alimmainen piirros).



Kuva 1. Opettajien piirtämiä esimerkkejä vetysidoksesta.

Opettajille tehdyn kyselyn toisessa kysymyksessä kysyttiin: millaisiin vuorovaikutuksiin vetysidokset perustuvat? Kahdeksan vastausta (8/11) toisti tutkimuksen hypoteesin sähköisistä vuorovaikutuksista, mutta osassa vastauksista esiintyi epätasällisyyksiä. Kaikki vastaukset kuitenkin sisälsivät ajatuksen sähköisistä vuorovaikutuksista vetysidoksen lähteenä.

Opettajille tehdyn kyselyn kolmannessa kysymyksessä kysyttiin, miten he havainnollistavat vetysidosta opetuksessaan. Vastaukset jakautuivat siten, että *Kokeelliset työt* mainittiin kuusi kertaa. Viisi mainintaa oli työstä, jossa jokin varattu esine esim. kampa viedään vesinoron lähelle, jolloin vesinoro taipuu. Yhdessä vastauksessa kerrottiin käytettävän ”pilailulima-työtä”, jossa valmistetaan natriumtetraboraataista ja polyvinyylialkoholista geeliä, jonka rakenne perustuu vetysidoksiin. Kuvat ja piirrokset saivat 8 mainintaa. 7 vastauksessa esiintyi visualisointi, jossa vetysidos havainnollistetaan katkoviivalla. Yhdessä vastauksessa ilmoitettiin käytettävän kuvia, joista osa on piirretty Spartanilla.

Yksi vastaaja vastasi, ettei ole peruskoulun puolella joutunut koskaan opettamaan ko. aihetta ja yksi vastaaja kertoi, että aihetta sivutaan vain hyvin vähän vedestä puhuttaessa.

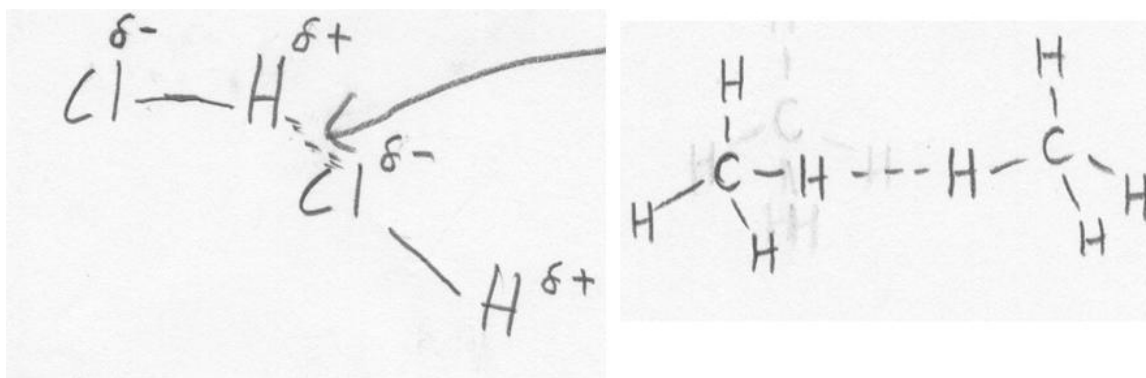
Yleisesti ottaen opettajat pyrkivät havainnollistamaan vetysidoksen seurauksia makroskooppisella tasolla kokeellisen työn yhteydessä tai visualisoimalla asiaa mikroskooppisella ja symbolisella tasolla. Opettajien antamien piirrosesimerkkien

perusteella visualisoinnin pääpaino on sähköisten vuorovaikutusten havainnollistamisessa, sillä piirretyt esimerkit eivät esimerkiksi sisällä molekyylien kolmiulotteisia rakenteita. Kuvan 1 ylimmän piirroksen tehneellä opettajalla on taas selkeästi ollut mielessä konkreettiset esimerkit erilaisista vetysidoksista, joka osoittaa vetysidoksiin liittyvän käsite- ja ilmiömaailman laaja-alaista hahmottamista.

3.2 Oppilaille tehty ennakkokyselyt

Tutkimuksen toisessa vaiheessa selvitettiin oppilaiden ennakkokäsityksiä vetysidoksesta ja vertailtiin eri opetustapojen välisiä eroja oppimisessa, ja tulokset on esitetty taulukossa 1. Tulosten jaottelussa täysin oikean vastauksen tuli sisältää maininnan sähköisistä vuorovaikutuksista ja puutteelliseksi vastaukseksi tulkittiin vastaukset, joissa ajatus oli oikein, mutta josta löytyi jonkinlaisia tieteellisiä epäkohtia. Sekä koe- että vertaisryhmän ennakkokyselyn vastauksissa ei juuri oikeita määritelmiä tai edes puutteellisia määritelmiä saatu, mikä osoittaa, että oppilaat eivät ilmeisesti olleet kohdanneet vetysidoksen käsitettä aikaisemmin. Tätä korostaa myös vääriksi tulkittujen vastausten suuri määrä, joissa kovalenttisesti sidottua vetyä tarjottiin vetysidoksena. Tämä oppilaiden tulkinta on ymmärrettävä, kun vedyn muodostama sidos esimerkiksi vesi- tai hiilivetymolekyylissä on ennestään tuttu, mutta vetysidos heikkona kemiallisena sidoksena on käsitteenä uusi.

Kyselylomakkeen toisessa kysymyksessä pyydettiin antamaan esimerkki vetysidoksesta piirtämällä. Tieteellisesti oikein piirrettyjä esimerkkikuvia ei saatu kuin yksi ainoa. Lisäksi toinen piirros luokiteltiin puutteelliseksi, sillä siinä vetysidos oli piirretty kahden eri molekyylin vetyatomien välille (ks. kuva 2). Vääräksi luokitellut vastaukset sisälsivät vesimolekyylin sisäisiä kovalenttisia sidoksia, pelkkiä vesimolekyyliä tai vedyn muodostamia kovalenttisia sidoksia H_2 -molekyylissä tai jossakin hiilivedyissä.



Kuva 2. Vertaisryhmän ennakkokyselyn täydelliseksi ja puutteelliseksi luokitellut kuvat.

Kysymykseen, millaisiin vuorovaikutuksiin vetysidos perustuu, saatiin viisi (5/22) oikeaksi luokiteltua vastausta. Verrokkiryhmästä saatiin 11 (11/27) täysin oikeaa vastausta. Vaatimuksena täysin oikealle vastaukselle oli, että oppilas oli vastannut muodossa tai toisessa vetysidoksen perustuvan sähköisiin vuorovaikutuksiin. Koska tässä kysymyksessä täysin oikeaksi vastaukseksi hyväksyttiin sähköinen vuorovaikutus

muodossa tai toisessa, ei vastausten jaottelussa ollut kuin 3 luokkaa: täysin oikeat vastaukset, väärät vastaukset ja tyhjät vastaukset. Molempien ryhmien kohdalla suuri vääräksi luokiteltavien vastausten määrä on yhtenevä edellisten kysymyskohtien jakaumien kanssa. Oikeaksi luokiteltujen vastausten huomattavan suuri määrä edellisiin kysymyksiin verrattuna on ymmärrettävää, sillä myös (poolinen) kovalenttinen sidos perustuu sähköisiin vuorovaikutuksiin, jolloin tämän kysymyksen saattoi saada oikein kovalenttisen sidoksen vuorovaikutuksia kuvaamalla.

Taulukko 1. Oppilaille tehdyn ennakkokyselyn tulokset.

	Kysymys 1. Määrittele vetysidos	Kysymys 2. Anna esimerkki vetysidoksesta piirtämällä	Kysymys 3. Millaisiin vuorovaikutuksiin vetysidokset perustuvat?
Koeryhmä (N=22)			
Täysin oikeat	0	0	5
Puutteelliset	1	0	
Väärät	19	18	11
Tyhjät	2	4	6
Vertaisryhmä (N=27)			
Täysin oikeat	0	1	11
Puutteelliset	2	1	
Väärät	25	25	10
Tyhjät	0	0	6

3.3 Oppilaille tehtyt jälkikyselyt

3.3.1 Koeryhmän jälkikyselyn tulokset

Molekyylihallinnasta käyttäneen koeryhmän vastauksissa opetuksen jälkeen oli vain kaksi täysin oikeaksi luokiteltavaa vastausta. Näissä vastauksissa vetysidos oli molekyylien välinen sidos, joka muodostuu kun vety on sitoutunut kovalenttisesti johonkin vetyä elektronegatiivisempaan atomiin ja muodostaa dipoli-dipoli -sidoksen toiseen molekyyliin. Puutteellisiksi luokiteltuja vastauksia oli 15, kun ennen opetusta tehdyssä kyselyssä puutteellisia tai oikeita vastauksia oli ainoastaan yksi. Opetuksen jälkeiset puutteelliset vastaukset sisälsivät useita tieteellisiä epätarkkuuksia. Kuuden vastauksen mukaan vetysidos on dipoli-dipoli sidoksen erityistapaus, jossa vety sitoutuu itseään elektronegatiivisempaan aineeseen. Kahdeksassa vastauksessa todettiin, että vetysidos on erikoistapaus dipoli-dipoli sidoksesta ja yhdessä vastauksista todettiin, että vetysidos on

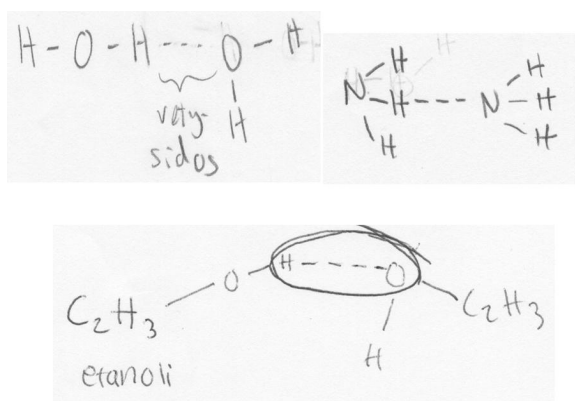
”erikoistapaus dipoli-dipoli sidoksista. Johtuu suurista osittaisvarausten eroista, joten on voimakas”.

Yhdessä vastauksessa todettiin, että ”Yhdistää esim. 2 molekyyliä esim. vesi H_2O :ssa on vetysidos”, mutta vastauksessa ei annettu vetysidoksen määritelmää, kuten oli kysytty.

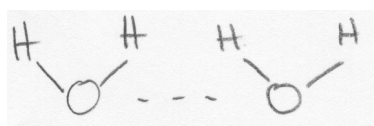
Taulukko 2. Koeryhmän jälkikyselyn tulokset.

Vastaukset luokittain	Kysymys 1. Määrittele vetysidos	Kysymys 2. Anna esimerkki vetysidoksesta piirtämällä	Kysymys 3. Millaisiin vuorovaikutuksiin vetysidokset perustuvat?
1. Täysin oikeat	2	13	13
2. Puutteelliset	15	3	2
3. Väärät	5	5	6
4. Tyhjät	0	1	1

Toisessa kysymyksessä vastaajia pyydettiin antamaan esimerkki vetysidoksesta piirtämällä. Täysin oikeaksi luokitellut vastaukset olivat piirroksia, joissa oli kuvattu vetysidos käyttäen katkoviivaa tai pisteviivaa, ja vetysidos oli esitetty sellaisten atomien välille, joiden välille se todellisuudessa muodostuu. Ammoniikki- ja vesimolekyyliä oli esitetty useimmissa vastauksissa, mutta vastauksista löytyi myös yksi etanolimolekyylien välinen vetysidos (kuva 3.) Puutteellisiksi luokitelluissa vastauksissa vetysidos oli kuvattu ”väärien” atomien välille, piirretyt rakenteet eivät kuvanneet relevanttia rakennetta tai kuvasta ei käynyt selvästi ilmi, minkä atomien välille vetysidos muodostuu. (kuva 4.) Kaikissa viidessä vääräksi luokitelluissa vastauksissa oli kuvattu vesimolekyylin kovalenttista O-H sidosta, joka oli myös vallitseva käsitys vetysidoksesta ennen opetusta.



Kuva 3. Koeryhmän jälkikyselyn esimerkkejä oikeiksi luokitelluista vastauksista.



Kuva 4. Koeryhmän jälkikyselyn puutteellinen vastaus.

Kolmannessa kysymyksessä kartoitettiin, millaisiin vuorovaikutuksiin vetysidokset perustuivat. Oikeiksi luokitelluissa vastauksissa tavalla tai toisella määriteltiin vetysidoksen perustuvan sähköisiin vuorovaikutuksiin. Vastauksista 13 sijoitettiin tähän luokkaan kun taas kaikkiaan 6 vastausta luokiteltiin vääriksi vastauksiksi, sillä niissä todettiin vetysidoksen perustuvan dispersiovoimiin. Dispersiovoimien suuri esiintyminen vastauksissa viittaa oppilaiden sekoittaneen vetysidoksen ja dispersiovuorovaikutukset keskenään, todennäköisesti opetustunnilla olleiden keskustelujen perusteella. Nykytutkimuksen valossa tiedetään, että sekä sähköstaattiset dipoli-dipoli että hetkelliset dispersiovuorovaikutukset ovat vetysidoksen esiintymisen taustalla. Vetysidosten on arvioitu perustuvat 85 % sähköisten, pysyvien dipolien aiheuttamasta vuorovaikutuksesta ja 15 % vuorovaikutuksesta on seurausta dispersiovoimista (Kitauro ja Morokuma 1976, Jeffrey 1997). Tutkimustulosten perusteella oppilaille oli jäänyt epäselvä käsitys sähköisten sidostyyppien erilaisista ilmenemismuodoista ja erityisesti niiden voimakkuuksista.

Kaksi puutteelliseksi luokiteltua vastausta olivat

”Vetysidos on dipoli-dipoli sidoksissa poikkeus(oli myös jokin diomisidos)”

”Ne perustuvat vuorovaikutuksiin muiden aineiden välille. Esim. vedyn vuorovaikutus happeen tai hiileen. Vetysidos on ainoa erikoistapaus.”

Näissä tapauksissa vastaajilla on ollut jonkinlainen käsitys sähköisten vuorovaikutusten roolista, mutta vastauksista heijastuu epätietoisuus, mistä ilmiössä todella on kyse.

3.3.2 Vertaisryhmän jälkikyselyn tulokset

Vertaisryhmälle kohdistettu kysely toteutettiin muutama päivä opetuksen jälkeen ja kysymyksiin vastasi yhteensä 29 oppilasta, joista kaksi eivät olleet paikalla opetuksen aikana. Tästä syystä tutkimukseen osallistuneita oppilaita on enemmän ryhmän jälkikyselyssä kuin alkukyselyssä.

Täysin oikeiksi luokitelluissa vastauksissa oli samat vaatimukset kuin edellä koeryhmän kyselyssä. Seitsemässä vastauksesta (7/29) määriteltiin vetysidos sähköisten vuorovaikutusten avulla. Puutteellisia vastauksia saatiin 15, joissa vetysidoksen kuvattiin olevan erityisen vahva dipoli-dipoli sidos vedyn ja typen, hapen tai fluorin kanssa. Lisäksi vastauksissa esitettiin, että vetysidos on *”Vedyn sidos N, F tai O:n kanssa”*. Toisessa vastauksessa taas ehdotettiin, että: *”Dipoli-dipoli sidos, jonka vety voi muodostaa vaikka raudan tai hapen kanssa”*. Käytännössä kaikki oikeat ja puutteelliset vastaukset tavoittelivat vetysidosta dipoli-dipoli – vuorovaikutuksena, sekä ilmentymänä vedyn ja jonkin elektronegatiivisen atomin vuorovaikutuksesta. Viimemainitussa tapauksessa oppilaat muistivat vetysidokseen osallistuvia atomeja, joka voidaan tulkita jonkinlaisena mielikuvana, mistä vetysidoksessa ilmiönä on kysymys.

Vääriksi vastauksiksi luokiteltujen vastausten joukossa oli sekalainen joukko vastauksia, jotka osoittavat, että asiaa ei ollut opittu tai oli palattu ennen opetusta vallinneeseen muistikuvaan:

”Vetysidos on esimerkiksi vesi”,

”Vetysidos on vahva sidos ”,

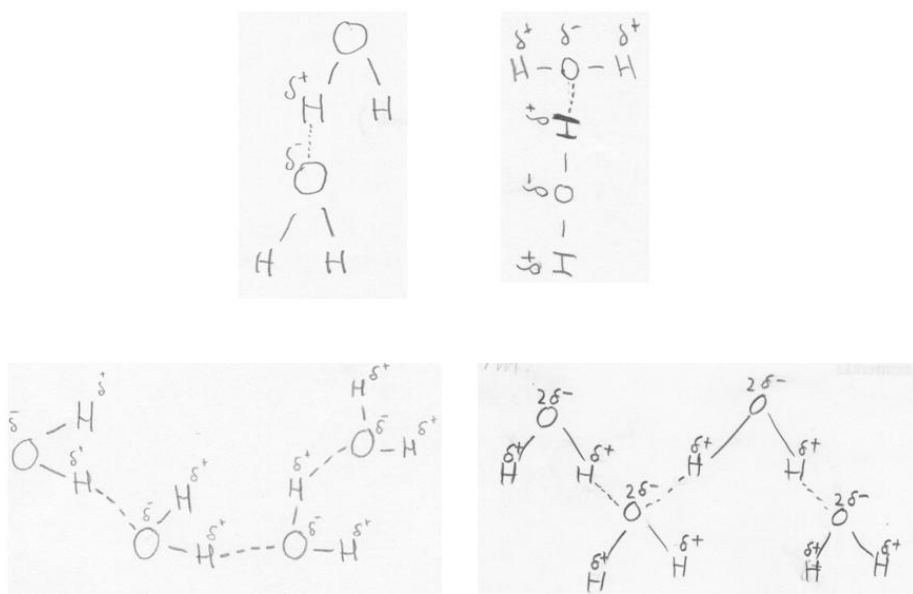
”Vetysidos on kahden tai useamman vetyatomin yhteenliittymä”

” Yksinkertainen kovalenttinen sidos esim. CH₄. Yhdistää vedyn johonkin aineeseen”.

Taulukko 3. Vertaisryhmän jälkikyselyn vastaukset

Vastaukset luokittain	Kysymys 1. Määrittele vetysidos	Kysymys 2. Anna esimerkki vetysidoksesta piirtämällä	Kysymys 3. Millaisiin vuorovaikutuksiin vetysidokset perustuvat?
1. Täysin oikeat	7	14	21
2. Puutteelliset	15	4	0
3. Väärät	5	11	5
4. Tyhjät	2	0	3

Vertaisryhmän vetysidosta esittävien piirrosten luokittelussa käytettiin koeryhmän yhteydessä sovellettuja luokittelukriteereitä. Jos vetysidos oli kuvattu katkoviivalla tai pisteviivalla, ja se oli kuvattu oikeiden atomien välille, kuten kuvan 5 esimerkeissä, luokiteltiin piirros oikeaksi. Puutteellisiksi vastauksiksi luokitellut oppilaiden piirtämistä kuvista ei voinut nähdä, minkä atomien välille vetysidos oli piirretty tai vetysidos oli piirretty lineaaristen vesimolekyylien välille, kuten kuvan 5 oikeassa yläkulmassa olevassa piirroksessa. Kolmessa muussa piirroksessa oli esitetty vesimolekyyli ja yhdessä näistä piirroksista oli käytetty samanlaista yhtenäistä viivaa kuin hapen ja vedyn välisessä kovalenttisessa sidoksessa. Vääriksi luokitelluissa vastauksissa oli kuvattu vedyn muodostama kovalenttinen sidos hiilivedyissä neljä kertaa ja pelkkä vesimolekyyli kuusi kertaa ja H₂-molekyylin kovalenttinen sidos kerran.



Kuva 5. Vertaisryhmän jälkikyselyn esimerkkejä vetysidoksista.

Kyselyn kolmannen kysymyksen oikeaksi luokitelluissa vastauksissa oli todettu eri muodoilla vetysidoksen perustuvan sähköisiin vuorovaikutuksiin. Näitä vastauksia saatiin 21, joka vastaa noin 70 % vastaajista. Molekyyli mallinnusta käyttäneen luokan vastaajista samaan pääsi 60 % oppilaista, joka ilmentää joko tehokasta perinteistä opetus tai oppilaiden huomio oli kiinnittynyt molekyyli mallinnuksen yhteydessä muuhun kuin opittavaan asiaan. Tästä ryhmästä ei saatu puutteelliseksi luokiteltavia vastauksia, mutta viidessä vastauksessa oli selkeitä väärinkäsityksiä, sillä oppilaat olivat vastanneet muun muassa vetysidoksen perustuvan

”magneettisiin”,

”vahvoihin vuorovaikutuksiin”,

”Oktettisääntöön. Vety tarvitsee yhden elektronin lisää uloimmalle kuorelleen saadakseen yht.2 → täyttää oktetisäännön”.

3.3.3 Viivästetyn kyselyn tulokset

Viivästettyyn kyselyyn eivät osallistuneet kaikki oppilaat. Tilaisuus, jossa kysely tutkimus tehtiin, ei ollut pakollinen oppilaille ja tästä johtuen vastaajia ei ollut samaa määrää kuin ennakkokyselyissä ja jälkikyselyissä. Kyselyyn vastasi myös pieni joukko sellaisia oppilaita, jotka eivät olleet kummassakaan kokeiluun osallistuneessa ryhmässä.

Viivästetyn kyselyn tulokset on koottu taulukkoon 4. Tuloksista voi todeta, että vetysidoksen käsitettä ei enää muistettu kovin hyvin. Täysin oikeita sanallisia määritelmiä ei ollut yhtään, mutta piirtämällä annettuja esimerkkejä oppilaat osasivat esittää kaikissa ryhmissä paremmin kuin alkuperäisen ennakkokyselyn yhteydessä. Sanallisen

määrittelemisen vaikeuksista voidaan olettaa, että aihetta ei ymmärretä kovin syvällisesti. Ilmeisesti opetustuntien jälkeen tehty kysely on kartoittanut oppilaiden lyhytaikaisessa muistissa olleita mielikuvia. Viivästetyn kyselyn perusteella oppilaille oli jäänyt mieleen ainoastaan vetysidosta havainnollistavia kuvia, mutta asian ymmärtäminen oli jäänyt vähemmälle.

Taulukko 4. Viivästetyn kyselyn vastaukset.

	Kysymys 1. Määrittele vetysidos	Kysymys 2. Anna esimerkki vetysidoksesta piirtämällä	Kysymys 3. Millaisiin vuorovaikutuksiin vetysidokset perustuvat?
Koeryhmän vastaukset luokittain			
1. Täysin oikeat	0	1	5
2. Puutteelliset	5	0	
3. Väärät	10	16	11
4. Tyhjät	5	3	4
Verrokkiryhmän vastaukset luokittain			
1. Täysin oikeat	0	7	14
2. Puutteelliset	17	3	
3. Väärät	2	9	4
4. Tyhjät	0	0	1
Tutkimuksen ulkopuolisten vastaukset luokittain			
1. Täysin oikeat	0	1	2
2. Puutteelliset	3	1	
3. Väärät	5	7	4
4. Tyhjät	1	0	3

4. Tulosten analysointi ja johtopäätökset

Tutkimuksessa on selvitetty opettajien ja oppilaiden käsityksiä vetysidoksesta ja sen luonteesta. Lisäksi tehtiin pienimuotoinen kysely opettajille, miten he havainnollistavat vetysidosta opetuksessaan. Nämä tutkimukset ovat osa laajempaa kehittämistutkimusta, jossa pyritään kehittämään opetusta ja oppimista tukevia molekyyli-mallinnusharjoituksia vetysidoksen ja muiden kemiallisten sidosten käsittelyyn.

Opettajille tehdyn kyselyn perusteella heillä on hyvä käsitys vetysidoksesta ilmiönä ja he pyrkivät käyttämään kokeellisia töitä tai visualisointeja opetuksensa tukena. Visualisoinnissa opettajat käyttivät kaksiulotteisia rakennekuvia, joissa vetysidos oli vallitsevan käytännön mukaan esitetty katkoviivalla. Kyseisen kaltainen havainnollistus on helppo toteuttaa ja sitä käytetään runsaasti myös oppikirjoissa (Saloma, 2005). Tämänkaltaisen havainnollistaminen on kuitenkin visuaalisesti yksiulotteista (Ranck,

1997), eikä siitä saa täysin tarkkaa käsitystä ilmiöstä ilman selventäviä selityksiä. Opettajan rooli on siis erittäin tärkeä käytettäessä erilaisia malleja ja opettajan tulisikin huomioida tämä ja kertoa oppilaille eri mallien hyvistä ja huonoista puolista (Ainsworth, 2008). Opettajien käyttämät mallit ja esitystavat vastaavat tutkijoiden vastaavia selittäviä malleja, ja kyselyyn vastanneilla opettajilla tuntuu olevan selvä käsitys, millaisia malleja kannattaa käyttää opetuksessa. Tämä johtopäätös selkiytyi kyselytutkimusten vastausten lisäksi tutkimuksen yhteydessä pidetyn opettajien täydennyskoulutuskurssin harjoitusten lomassa käytyjen keskustelujen perusteella.

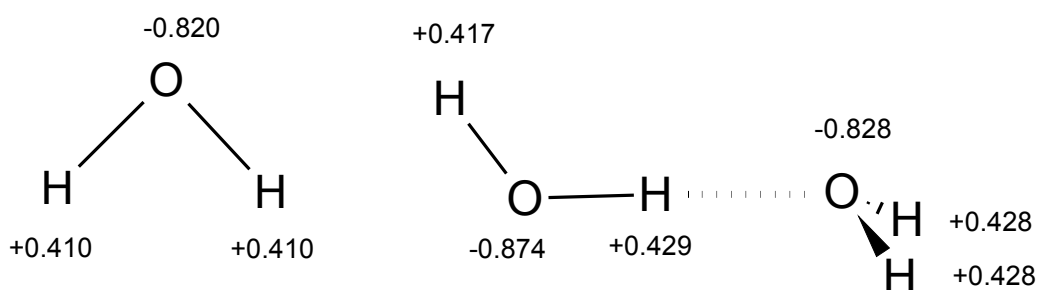
Oppilaille tehdyissä kyselytutkimuksissa suurin silmiinpistävä tekijä oli vetysidoksen sanallisen määrittelyn vaikeus. Molemmista ryhmistä täysin oikeita määritelmiä oli paljon vähemmän kuin oikein piirrettyjä kuvia (kts esimerkiksi taulukot 2 ja 3). Täysin oikealta vastaukselta vaadittiin suurta tarkkuutta ja täsmällisyyttä, jonka vuoksi puutteellisten vastausten luokka oli jokaisessa kyselyssä suuri. Tämänkaltaisen vaatimustaso kuitenkin helpotti luokittelun tekemistä ja molemmista ryhmistä oppilailla oli mahdollisuus saada opetuksesta täysin oikeaan vastaukseen vaadittavat tiedot. Kyselytutkimukseen osallistuneiden luokkien käytössä olleen oppikirjan määritelmässä vetysidokselle mainittiin seuraavat asiat: *"Erityisen vahva dipoli-dipolisidos...vetyatomi liittynyt kovalenttisesti... elektronegatiiviseen epämetalliatomiin...tällaisten molekyylien välille muodostuvia sidoksia kutsutaan vetysidoksiksi."* Tällä perusteella myös oppikirjan tiedot riittivät täysin oikean vastauksen antamiseen.

Tässä tutkimuksessa saatiin samankaltaisia tuloksia, kuin mm. Ardac ja Akaygün (2004) ovat saaneet tutkimuksessaan, jossa he tutkivat miten kemian kolmen tason esittäminen yhtä aikaa multimediaesityksessä vaikuttaa lyhyt – ja pitkäkestoiseen oppimiseen. He havaitsivat, että oppilaat käyttävät symboleita ymmärtämättä niitä. Oppilaat eivät kyenneet ajattelemaan tai selittämään ilmiötä molekyyllitasolla. (Ardac & Akaygün, 2004) Myös tässä tutkimuksessa oppilaat osasivat piirtää tieteellisesti oikeita kuvia vetysidoksesta, mutta eivät osanneet selittää ilmiötä yhtä hyvin sanallisesti. Oppilailta puuttuu siis aiheen syvällinen ymmärrys, mitä myös viivästetyn kyselyn tulokset tukevat.

Tutkimuksen alkuperäisenä tavoitteena oli tutkia mm. sitä, onko erilaisilla opetustavoilla eroa oppimisessa. Tähän tutkimuskysymykseen tutkimus ei vastaa kovin hyvin. Pidetty opetustuokio oli hyvin lyhyt, vain reilun tunnin mittainen. Tämä johtui siitä, että opetukseen tullut koeryhmä oli myöhässä ja siitä, että siellä oli luvattu lyhyesti kerrata myös muut heikot vuorovaikutukset kuin vetysidos. Tämä vei aikaa varsinaiselta molekyylihallinnuksen avulla tapahtuvasta opetuksesta. Lisäksi oppilaat tarvitsivat aikaa ennako- ja jälkikyselyyn vastaamiseen. Lisäksi kerratut muut heikot vuorovaikutukset ja vetysidos menivät osittain sekaisin koeryhmän vastaajilta. Tämä näkyi myös oppilaiden antamissa vastauksissa.

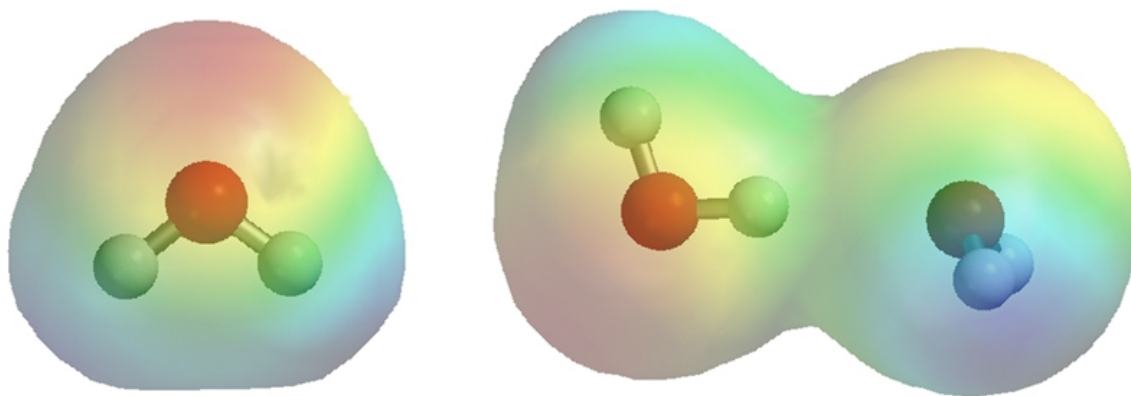
Koeryhmän oppilaat eivät olleet käyttäneet Spartan-molekyylihallinnusohjelmistoa ennen opetusta, joten myös tätä taustaa vasten olisi väärin lähteä arvioimaan kovin tarkasti eri opetusmenetelmien tehokkuutta. Vertaisryhmän kuvallisissa vastauksissa lähes kaikki olivat piirtäneet kuvaesimerkin vesimolekyylien avulla, jossa oli mukana myös osittaisvaraukset. Opetuksessa oli siis todennäköisesti käytetty tätä yhtä kuvaa esimerkkinä vetysidoksesta, joka on toisaalta voinut selkeyttää vertaisryhmän vastaajia ja tämänkin osaltaan selittäisi vertaisryhmän tulosten paremmuutta.

Vertaisryhmän piirtämien vetysidosten kuvauksessa on yksi väärinkäsitys, jota molekyylimallinnusta soveltavalla ryhmällä ei esiintynyt. Kuvassa 5 alarivissä olevissa kuvissa vetysidosten havainnollistamisen yhteydessä on käytetty osittaisvarauksia, joilla on pyritty havainnollistamaan atomeilla olevia osittaisvarauksia, molekyylien poolisuutta ja sähköisten vuorovaikutusten osuutta vetysidosten muodostumisessa. Vasemmalla olevassa kuvassa on käytetty ainoastaan δ^+ ja δ^- -merkinnöillä, kun taas oikealla olevassa kuvassa hapella on kaksi kertaa niin suuri vastakkaismerkkinen sähköinen varaus kuin vedyllä. Esitetyssä kuvassa esiintyy kuitenkin käsitteellinen ongelma, joka toistuu usein lähinnä käytettyjen kuvien tulkinnasta johtuen. Vesimolekyylin poolisuus esitetään usein δ^+ ja δ^- -merkinnöin. Tällöin laskennallisesti hapella on kaksi kertaa niin suuri osittaisvaraus kuin vetyatomeilla. Vesidimeerin tapauksessa tämä matemaattinen yhtäläisyys ei enää pidä paikkaansa, sillä eri atomeilla on erilaiset osittaisvaraukset erilaisista lähinaapureista johtuen. Tämä on havainnollistettu kuvassa 6, jossa on esitetty lasketut osittaisvaraukset vedelle ja vesidimeerille HF/6-31G*-laskutasolla.



Kuva 6. Lasketut osittaisvaraukset vesimolekyyliin ja vesidimeerille HF/6-31G*-laskutasolla.

Molekyylimallinnuksella tuotettujen mallien perusteella tällaista matemaattista virhekäsitystä ei pääse syntymään, sillä malleissa näytetään kaikkien elektronien muodostamat elektronitiheyspilvet (ks kuva 7). Elektronitiheyden avulla voidaan havainnollistaa vesimolekyylien välinen sähköinen vuorovaikutus ja yksittäisen molekyylin poolisuus.



Kuva 7. Laskennallinen (HF/6-31G*) elektronitiheyskartta vesimolekyyliin ja vesidimeerille.

5. Loppusanat

Vaikka tutkimuksessa käytetty otoskoko oli pieni, niin kaikissa ryhmissä kuvallisesti ilmaistut vastaukset olivat enemmän oikeita kuin sanalliset vastaukset. (kts. tulokset edeltä) Tämä oli samankaltainen tulos mitä on saatu muistakin tutkimuksista (mm. Ardac & Akaygün, 2004). Molekyyylimallinnuksen käyttö puoltaa siis paikkaansa kuvallisen informaation vaikuttavuudella, mikä näkyi selkeästi tässä tutkimuksessa.

Tutkimuksen syvyyttä olisi voinut parantaa muun muassa sillä, että kaikki oppilaat olisi haastateltu henkilökohtaisesti opetuksen jälkeen, jolloin olisi voitu tarkemmin paneutua siihen, onko oppilas todella ymmärtänyt asian. Myös vertaisryhmän saama oppitunti aiheesta olisi ollut hyvä päästä seuraamaan, jolloin esimerkiksi oppilaiden käyttämien osittaisvarausten kuvausten alkuperä olisi voinut selvitä.

Mikäli halutaan luotettavaa tietoa molekyyylimallinnuksen avulla tapahtuvan opetuksen ja normaalin opetuksen tehokkuuden eroista, vaatisi se käytännössä, että molekyyylimallinnus olisi pitempään käytössä vertailtavalla koeryhmällä. Oppilaiden tulisi hallita ohjelmiston peruskäyttö, jotta molekyyylimallinnuksen vahvuudet saataisiin tehokkaasti opetuskäyttöön. Tulevaisuudessa olisi mielenkiintoista tutkia miten molekyyylimallinnuksen käyttö oikeasti vaikuttaa oppimiseen sellaisella ryhmällä joka aloittaa sen käyttämisen heti kemian opintojen alussa. Tällöin ohjelman peruskäytön luomat haasteet eivät vaikuttaisi niin paljon oppimiseen. Molekyyylimallinnuksen opetuskäytön vaikuttavuudesta tarvitaan tutkimustietoa, mikä voisi tukea mielekkäästi sekä kemian opettamista että oppimista eri koulutusasteilla.

Lähteet

- Ainsworth S. (2008). The Educational Value of Multiple External Representations. Kirjassa J. K. Gilbert, M. Nakhleh & M. Reiner (toim.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (s. 191-208). Springer, London.
- Aksela M. & Stolt A. (2007). Kemiaallinen sidos perusopetuksen ja lukion oppikirjamateriaaleissa. Kirjassa M. Aksela & M. Montonen (toim.), *Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluun. Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät Helsingissä 29.3–30.3.2007* (s. 258–269). Helsinki: Yliopistopaino.
- Ardac D. & Akaygün S. (2004). Effectiveness of Multimedia-based Instruction that Emphasizes Molecular Representations on Students Understanding of Chemical Change, *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 317-337.
- Jeffrey, G. A. (1997). *An Introduction to Hydrogen Bonding*. Oxford University Press, Oxford.
- Harrison A. G. & Treagust D. F. (2002). The Particulate Nature of Matter: Challenges in Understanding the Submicroscopic World. Kirjassa J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. Van Driel (toim.), *Chemical Education: Towards Research-Based Practice* (s. 189-212). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

Kitauro K. & Morokuma K. (1976). A New Energy Decomposition Scheme for Molecular Interactions within the Hartree-Fock Approximation. *International Journal of Quantum Chemistry*, 10, 325-340.

Ranck J. P. (1997). Visualization for Chemists. Kirjassa T. J. Zielinski & M. L. Swift (toim.), *Using Computers in Chemistry and Chemical Education* (s. 227-241). Washington, USA: American Chemical Society.

Saloma A. (2005). Vetysidoksen Oppiminen ja Opettaminen. Pro gradu- tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/tutkimus/opinnaytetyot/pg-asaloma.htm>.

Taber K. S. & Coll R. (2002). Bonding. Kirjassa J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. Van Driel (toim.), *Chemical Education: Towards Research-Based Practise* (s. 213-234). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Özmen H. (2004). Some Student Misconceptions in Chemistry: A Literature Review of Chemical Bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13, 147-159.

Özmen H., Demircioglu H. & Demircioglu G. (2009). The Effects of Conceptual Change: Texts Accompanied with Animations on Overcoming 11th Grade Students Alternative Conceptions of Chemical Bonding. *Computers & Education*, 52, 681-695

Laboratorioharjoitusten arviointia kehittämällä kohti parempia oppimistuloksia

Matti Niemelä¹, Leena Kaila¹, Sirpa Suni² & Paavo Perämäki¹

¹ Kemian laitos, Oulun yliopisto

² Kasvatustieteiden ja opettajankoulutuksen yksikkö, Oulun yliopisto,

Oppimisen arviointi on yksi linjakkaan opetuksen kulmakivistä ja on selvää, että arviointi ohjaa merkittävästi opiskelijan oppimista. Oulun yliopiston kemian laitoksella on käytössä numeerinen arvostelu lähes kaikilla laboratoriotyökurseilla. Arviointikäytännöt kuitenkin vaihtelevat kurseittain ja erityisesti koko oppimisprosessia seuraavan jatkuvan arvioinnin toteuttaminen harjoitustöiden yhteydessä on haastavaa. Pääpaino on usein laboratoriotöistä kirjoitettujen raporttien ja kurssin loppukokeen arvioinnissa ja opiskelijan käytännön työskentelyn arviointi jää vähemmälle huomiolle.

Tässä tutkimuksessa kokeiltiin arviointimatriisin käyttöä kolmannen vuosikurssin yliopisto-opiskelijoiden laboratorioharjoitustyön yhteydessä. Arviointimatriisin avulla sekä opettajalle että opiskelijoille esitettiin työn arviointikriteerit ennen työskentelyn aloittamista. Alustavien tulosten perusteella arviointikäytäntöjen selkiyttämällä, sen läpinäkyvyyden parantamisella ja jatkuvan arvioinnin kehittämällä oli merkittäviä vaikutuksia oppimistuloksiin. Opiskelijat valmistautuivat laboratorioharjoitukseen entistä huolellisemmin, suunnittelivat työskentelyään etukäteen ja ymmärsivät työhön liittyvät ilmiöt. Arviointimatriisiin perustuvalla jatkuvalla arvioinnilla myös opettaja pystyi seuraamaan oppilaiden tietojen ja taitojen kehittymistä koko harjoitustyöhön liittyvän oppimisprosessin ajan.

1. Johdanto

Linjakkaan opetuksen periaatteiden mukaisesti opetettavan sisällön, opetuksen tavoitteiden, käytettyjen opetusmenetelmien ja oppimisen arvioinnin tulee olla sopusoinnussa keskenään. Oppimisen arviointi onkin yksi linjakkaan opetuksen kulmakivistä ja se ohjaa merkittävästi opiskelijan oppimista (Lindblom-Ylänne & Nevgi, 2007). Opiskelijat opettelevat ne asiat, joiden he kuvittelevat vaikuttavan arviointiin (Biggs & Tang, 2007). Muuttamalla arviointimenetelmiä opettaja voikin vaikuttaa opiskelijoiden opiskelumotivaatioon ja oppimistuloksiin (Lindblom-Ylänne & Nevgi, 2007; Biggs & Tang, 2007).

Laboratorioharjoitukset ovat olennainen osa yliopistoissa tapahtuvaa kemian opetusta. Harjoitusten aikana opetetaan laboratoriotyöskentelyn perustaitoja ja konkretisoidaan luennoilla opittua teorialtietoa. Laboratorioharjoitukset tulisi suunnitella siten, että työskentelyn yhteydessä opiskelijat voivat harjoitella (Johnstone & Al-Shuaili, 2001; Hofstein, 2004):

1. Kokeiden ja laboratoriotyön suunnittelua
2. Käytännön laboratoriotyöskentelyä / kädentaitoja
3. Havainnointitaitoja
4. Tulosten tulkintaa

Näiden lisäksi harjoitustöiden suunnittelussa on pyrittävä siihen, että ne lisääisivät opiskelijoiden kiinnostusta opetettavaa aihetta kohtaan ja yhdistäisivät teoriaopetuksen käytännön ilmiöihin.

Koska laboratorioharjoitusten yhteydessä opiskelijoiden odotetaan kehittyvän edellä mainituilla osa-alueilla, nämä osa-alueet on huomioitava myös arvioinnissa. Työstä laaditusta raportista opettajan on mahdollista saada kuva tulosten tulkinnasta ja havainnointitaitojen kehittymisestä, mutta työn suunnittelun ja käytännön toteutuksen arviointi raportin perusteella on mahdotonta. Suunnittelun ja käytännön työskentelyn arviointi onkin suoritettava laboratoriotyöskentelyä tarkkailemalla. Käytännön työskentelyn arvioinnissa työn tavoitteiden ja tulosten määrittely ja niiden näkyväksi tekeminen ennen työskentelyn arviointia on tärkeää. Mikäli työskentelyn arviointiin vaikuttavia tekijöitä ei ole määritelty opettajille ja opiskelijoille ennen työskentelyn aloittamista, on objektiivisen arvioinnin tekeminen mahdotonta (Johnstone & Al-Shuaili, 2001).

Arviointimatriisi (rubriikki) on yksi työkalu oppimisen arviointiin (Moskal, 2000). Matriisin avulla sekä opettajalle että opiskelijoille on mahdollista esittää arviointikriteerit selkeästi ja läpinäkyvästi. Matriisit ovat osoittautuneet sekä opettajia että opiskelijoita hyödyttäväksi työkaluiksi. Opiskelijat ymmärtävät paremmin opetuksen tavoitteet, suuntavat oppimistaan asian ymmärtämiseen arvosanojen tavoittelun sijaan ja pystyvät seuraamaan omaa oppimistaan paremmin (Pellegrino et al., 2001; Siegel et al., 2006). Opettajille matriisiarviointi helpottaa esimerkiksi palautteen antamista ja selvittää opetuksen tavoitteita (Siegel et al., 2006).

Oulun yliopiston kemian laitoksella on käytössä numeerinen arvostelu lähes kaikilla laboratoriotyökurseilla. Arviointikäytännöt kuitenkin vaihtelevat kurseittain ja erityisesti koko oppimisprosessia seuraavan jatkuvan arvioinnin toteuttaminen on haastavaa. Pääpaino on usein laboratoriotöistä kirjoitettujen raporttien ja kurssin loppukokeen arvioinnissa. Samalla esimerkiksi opiskelijan työn suunnittelun ja käytännön työskentelyn arviointi jää vähemmälle huomiolle. Samaan laboratorioharjoitusten arviointiin liittyvään ongelmaan ovat artikkelissaan kiinnittäneet huomiota myös Johnstone ja Al-Shuaili (2001). Tässä tutkimuksessa pyrittiin hakemaan ratkaisua havaittuun ristiriitaan arvioinnin ja opetuksen tavoitteiden välillä.

2. Kehittämiskohteena oleva harjoitustyö

Kohteena ollut epäorgaanisen kemian tutkimusharjoittelu on kolmannen vuosikurssin kemian opiskelijoiden aineopintokurssi. Kurssi koostuu kolmesta eri laboratoriotyöstä, joista jokaisella on oma vastuuopettaja. Kurssin aikana opiskelijat tekevät instrumenttianalytiikan harjoitustyön (ICP-OES-työ), protonoitumisvakion potentiometrisen määrittelyn sekä ilmaherkän synteesin. Tässä tutkimuksessa kohteena oli kurssin ICP-OES-työ, jonka opetuksessa käytettiin aktivoivan opetuksen periaatteita noudattelevaa menetelmää. Käytännössä opettajan näkökulmasta harjoitustyöhön liittyvä opetustapahtuma jaettiin kolmeen eri kokonaisuuteen (Lonka, & Lonka, 1991).

1. Aktivointi ja lähtötason mittaaminen
2. Oppimisprosessin tukeminen
3. Palaute

Tutkimuksessa pyrittiin siihen, että uudistettu arviointimenetelmä olisi mahdollisimman hyvin linjassa valitun opetusmenetelmän kanssa.

3. Tutkimuksen tavoitteet ja toteutus

Tämän tutkimuksen tärkein yksittäinen tavoite oli laboratorioharjoitusten arvioinnin monipuolistaminen, selkeyttäminen ja jatkuvan arvioinnin käyttöönotto laboratorioharjoitustyön yhteydessä. Arvioinnin uudistamisen lisäksi instrumenttianalytiikan harjoitustyö modernisoitiin vastaamaan työelämän muuttuneita osaamistarpeita.

Arvioinnin uudistamisen yhteydessä erityistä huomiota kiinnitettiin opiskelijoiden käytännön työskentelyn tarkasteluun ja arviointiin. Arvioinnin selkeyttämisen tavoitteena oli, että opiskelijat ymmärtävät työn kokonaisuuden arviointiin vaikuttavat tekijät. Tutkimusta varten laadittiin arviointimatriisi (Taulukko 1), jonka avulla pyrittiin parantamaan oppimistuloksia, suuntaamaan oppimista oikeaan suuntaan ja samalla motivoimaan opiskelijoita työntekoon. Matriisin avulla työ jaettiin opetus- ja oppimiskokonaisuuksiin, jotka oli selkeää arvioida itsenäisinä kokonaisuuksina. Arviointimatriisiin tutustuminen oli yksi opiskelijoiden ennakotehtävistä, joten työn arviointikriteerit olivat opiskelijoiden tiedossa ennen työn aloitusta. Matriisin käytöllä ja sen avulla suoritettavalla jatkuvalla arvioinnilla myös opettajan mahdollisuuksia oppimisprosessin seuraamiseen pyrittiin helpottamaan. Samalla pyrittiin siihen, että opetusmenetelmät ja opetuksen tavoitteet olisivat linjassa käytetyn arvioinnin kanssa. Tämän tutkimuksen pääkysymykset olivat:

1. Miten arviointimatriisi sopii laboratorioharjoitusten arviointiin?
2. Kuinka arvioinnin selkeyttäminen vaikuttaa opiskelijoiden työskentelyyn ja oppimiseen?

Taulukko 1. Harjoitustyön arviointimatriisi.

Laatuluokat				
Osaamisalueet	Riittämätön taso	Riittävä taso	Hyvä taso	Erinomainen taso
Ennakkotehtävään perehtyminen ja työn suunnittelu Painotus 20 %	Ei etukäteissuunnittelua, työn suunnittelu työn edetessä. Ennakkotehtävään ei tutustuttu	Alustava suunnitelma työn etenemisestä. Ei käsitystä käytännön aikataulusta. Ennakkotehtävään tutustuttu.	Suunniteltu ja alustava aikataulu, jossa arvioitu itsenäisten työvaiheiden kesto. Ennakkotehtävään tutustuttu.	Suunniteltu ja alustava aikataulu, jossa arvioitu itsenäisten työvaiheiden kesto. Varauduttu myös vaihtoehtoihin ratkaisuihin.
Työn käytännön toteutus Painotus 40 %	Täysin opettajajohtoinen, ei itsenäistä työskentelyä.	Työohjeita seuraten pääosin itsenäistä työskentelyä. Ei lainkaan itsenäistä ongelmanratkaisukykyä.	Itsenäinen toteutus. Jonkin verran omia ongelmanratkaisutaitoja. Aiemmin opitun tiedon hyödyntäminen.	Itsenäinen toteutus, jossa omia ongelmanratkaisutaitoja myös vaativien ongelmien kohdalla. Aiemmin opitun tiedon syvällinen hyödyntäminen.
Saadut tulokset ja niiden luotettavuus Painotus 10 %	Ei onnistuneita mittauksia. Ei omaa arviota mahdollisista virhelähteistä.	Tulosten tarkkuus ja toistotarkkuus tyydyttäviä. Pinnallisia arvioita mahdollisista virhelähteistä.	Luotettavat tulokset. Oma arvio tulosten luotettavuudesta ja mahdollisista virheistä.	Luotettavat tulokset. Oma kriittinen arvio tulosten luotettavuudesta ja mahdollisista virheistä.
Raportointi Painotus 30 %	Raportista ei löydy kaikkia tarvittavia osioita. Runsaasti lasku- ja kirjoitusvirheitä, ei viitteitä, plagiointia.	Raportista löytyvät kaikki tarvittavat osiot. Viimeistelyssä puutteita. Muutamia viitteitä ja teorian pintapuolinen esittely. Muutamia lasku- ja kirjoitusvirheitä	Raportti on sujuvasti kirjoitettu ja siitä löytyvät kaikki tarvittavat osiot. Ei laskuvirheitä. Teoriaosuudessa useita viitteitä ja tulosten pohdintaa / analysointia.	Huolellinen viimeistely. Muotoseikat ja rakenne kunnossa. Ei laskuvirheitä. Teoriaosuudessa viitteitä ja tulosten syvällinen pohdinta / analysointi.

Tutkimus toteutettiin kevätlukukaudella 2010 kurssin Tutkimusharjoittelu: Epäorgaaninen kemia yhteydessä. Valittu tutkimusstrategia noudatteli tapaustutkimuksen (case study) pääpiirteitä (Cunningham, 1997), jossa tehtyjen kehittämistoimenpiteiden vaikutuksia opiskelijoiden toimintaan tarkasteltiin harjoitustyön yhteydessä. Kurssin aikana harjoitustyöhön osallistui yhteensä 26 opiskelijaa, jotka työskentelivät pareittain pienissä 2-4 hengen opiskelijaryhmissä. Tutkimuksen aineisto kerättiin havainnoimalla opettajan ja opiskelijoiden työskentelyä, kirjallisia tuloksia (raportit, tentti) tarkastelemalla ja opiskelijoille suunnatulla palautelomakkeella. Lisäksi tutkija, joka toimi myös kurssin opettajana, keräsi havainnoimalla vertailutietoa muutoksista, joita kurssin opetuksessa tapahtui aikaisempiin vuosiin verrattuna.

4. Tulokset ja pohdinta

4.1 Arvioinnin suorittaminen

Arviointimatriisissa työ oli jaettu neljään eri pääkohtaan, joista ennakkotehtävä, suunnittelu ja työn käytännön toteutus arvioitiin harjoitusvuorojen yhteydessä. Työn yhteydessä saatiin myös alustava arvio tulosten luotettavuudesta, mutta käytännössä luotettavuutta tarkasteltiin raportin arvioinnin yhteydessä.

Ennakkotehtävään perehtymisen ja työn suunnittelun arviointi aloitettiin harjoituksen alussa tapahtuvan opiskelijoiden aktivointiin liittyvän teoriavaiheen yhteydessä. Teoriavaiheen yhteydessä arvioitiin keskustelevan ja kyselevän opetuksen avulla sitä, kuinka hyvin opiskelijat olivat tutustuneet ennakkotehtävään. Samalla muodostui myös kuva opiskelijoiden lähtötasosta työhön liittyen. Tämä mahdollisti samalla opettajan opetustavan muokkaamisen kullekin ryhmälle sopivaksi ja sitä kautta entistä tehokkaamman oppimisprosessin tukemisen työn aikana.

Käytännön työskentelyn arviointi oli arvioinnin uusin ja myös haasteellisin osa-alue. Käytännön laboratoriotyöskentelyn arviointi on erittäin lähellä autenttista arviointia (ks esim. Gulikers et al., 2004), jossa opiskelijan työskentelyä arvioidaan oikeassa työpaikassa. Opiskelijoiden itsenäisen työn aikana tapahtuvan arvioinnin avulla pyrittiin ohjaamaan opiskelua, mutta samalla myös opettamista. Käytännössä arviointi suoritettiin tarkkailemalla taustalta opiskelijaparien itsenäistä työskentelyä. Työskentelyn aikana tarkkailtiin työn sujuvuutta, työskentelytapoja ja sitä, kuinka paljon etukäteissuunnitteluun oli panostettu.

On selvää, että opiskelijoiden käytännön työskentelyn tasapuolinen ja luotettava arviointi vaatii opettajalta tarkkaavaisuutta. Erityisesti tutkimuksen alkuvaiheessa käytännön työskentelyn arvioinnin toteuttaminen vaati paljon ponnistelua ja harjoittelua myös opettajalta. Kurssin edettyä ja arviointikokemuksen kartuttua, myös käytännön työskentelyn arviointi helpottui. Käytännön työskentelyn arviointia edesauttoi erityisesti työskentelyn kriittisten ja haastavien vaiheiden tunnistaminen. Näiden kriittisten vaiheiden tarkastelun ja arvioinnin perusteella opiskelijoiden työskentelystä ja taidoista muodostui jo erittäin hyvä kuva. Harjoitustyön läpikotainen tunteminen ja sen ongelmakohtien tiedostaminen helpottavatkin merkittävästi käytännön työskentelyn arvioinnin suorittamista.

Opiskelijoiden mittaustulosten ja niiden luotettavuuden arviointi tapahtui osittain opiskelijoiden välittömiä mittaustuloksia tarkastelemalla, mutta pääosin raporttiin kirjattujen tulosten perusteella. Tulosten ja niiden luotettavuuden sekä raportin arviointi olikin opettajan kannalta selkeää ja suurimmat puutteet löytyivät helposti. Eniten ongelmia opiskelijoille aiheutui omien tulosten kriittisestä tarkastelusta ja mahdollisten virhelähteiden ymmärtämisestä. Tämä oli toisaalta myös odotettavissa, koska ainoastaan menetelmien ja tekniikan erinomaisen tuntemisen avulla on mahdollista tehdä arvioita mahdollisista virhelähteistä ja tulosten luotettavuudesta.

4.2 Palautekeskustelu arvioinnista sekä työstä ja opiskelijoiden itsearviointi

Palautteen antaminen on yksi aktivoivan opetuksen kulmakivistä (Lonka & Lonka, 1991). Työn aikana opiskelijoille annettiin suullisesti välitöntä palautetta työn etenemisestä ja työvaiheiden onnistumisesta. Välittömän palautteen avulla pyrittiin työvaiheiden oikeaoppiseen suorittamiseen ja siihen, että opiskelijat yhdistäisivät aikaisemmin oppimaansa tietoa käytännön ongelmien ratkaisuisissa.

Palauteprosessia jatkettiin myös työn ja raportin valmistuttua. Tässä vaiheessa työn arvioinnista pidettiin palautekeskustelu kunkin opiskelijajoukon kanssa. Palautekeskustelun yhteydessä käytiin läpi työn arviointia arviointimatriisin periaatteiden mukaisesti ja opiskelijoille kerrottiin, miten työn arvosana rakentuu. Palautekeskustelussa käytiin läpi myös lyhyesti opiskelijoiden käytännön työskentelyn onnistumista, heidän vahvuuksiaan ja samalla myös hieman kehittämisalueita. Tämän lisäksi palautekeskustelun yhteydessä annettiin ohjeet raportin korjaamisesta.

Arvioinnin läpikäymisen lisäksi palautekeskusteluissa keskityttiin opiskelijoiden itsearviointiin. Harjoitustyöhön liittyvässä ennakotehtävässä opiskelijat kirjoittivat esille omia tavoitteitaan työhön liittyen ja näihin tavoitteisiin palattiin palautekeskustelun yhteydessä, jolloin opiskelijat pääsivät pohtimaan omien tavoitteidensa täyttymistä ja omaa työskentelyään. Itsearviointi on tärkeä osa oppimisen ja asiantuntijuuden kehittymistä (Lindblom-Ylänne & Nevgi, 2007). Palautekeskusteluissa ilmeni, että opiskelijoiden on vaikea asettaa itselleen kunnollisia tavoitteita. Lisäksi oman työskentelyn tarkastelu ja reflektointi on haastavaa.

Kokonaisuutena palautekeskusteluista muodostui tärkeä osa arviointikokonaisuutta ja oppimisprosessia. Keskustelu antoi opettajalle mahdollisuuden keskustella kasvokkain arvioinnista ja sen tuloksista, mutta myös opiskelijoiden työskentelystä ja siihen liittyvistä ongelmakohdista. Arviointiin pohjautuvan palautekeskustelun avulla opiskelijoita oli helppo herätellä huomaamaan omat vahvuudet ja heikkoudet sekä käytännön työskentelyn että teoretiedon osalta. Palautekeskustelu, itsearviointi ja arvioinnin läpikäyminen keskustelun aikana ohjaavat opiskelijoita luontevasti kohti asiantuntijalle ominaista oman työn monipuolista reflektointia.

4.3 Vaikutukset oppimistuloksiin

Opiskelijoiden työskentelyn havainnointi ja kirjallisten tulosten tarkastelu osoitti, että arvioinnin selkeyttämisellä oli vaikutuksia opiskelijoiden työntekoon ja sitä kautta myös oppimistuloksiin. Esimerkiksi ennakotehtävän ja valmistautumisen korostaminen näkyi selvästi opiskelijoiden työskentelyssä. Suurin osa opiskelijoista oli kerrannut aiemmin opetetun teorian tiedon huomattavasti aikaisempia vuosia paremmin. Tämä näkyi mm. siinä, että alun teoriaopetuksen yhteydessä opiskelijat vastasivat hyvin heille esitettyihin ennakotehtävää koskeviin kysymyksiin ja esittivät myös aiheeseen liittyviä syventäviä kysymyksiä. Opiskelijoille ei tarvinnut yksityiskohtaisesti selittää perusasioita ja näin ollen laiteteorian tehokas kertaaminen, konkretisointi ja jo opitun tiedon syventäminen oli mahdollista opetustilanteessa.

Työhön valmistautuminen ja työn suunnittelu näkyi myös käytännön työn tuloksissa. Itsenäisen työskentelyn vaiheessa opiskelijat tekivät vain vähän virheitä esimerkiksi liuosten laimentamisen ja käytännön työhön liittyvien laskutehtävien yhteydessä. Tutkimusvuotena 13 opiskelijaparista vain kaksi paria teki selkeän virheen liuosten valmistamiseen ja laimentamiseen liittyvän työvaiheen yhteydessä. Hyvän valmistautumisen avulla opiskelijat pystyivät myös tehokkaammin yhdistämään aikaisemmin oppimaansa tietoa käytännön työskentelyyn ja syventämään osaamistaan, kaikki ponnistelu ei mennyt työn mekaaniseen suorittamiseen.

Raportointia varten opiskelijoille annettiin työn yhteydessä suulliset yleisohjeet raportin sisällöstä ja vaatimuksista. Tämän lisäksi arviointimatriisissa oli oma raportin arviointia käsittelevä osio. Raportoinnista opiskelijat noudattivat annettuja ohjeita hyvin ja yleisesti raporteista löytyivät tarvittavat osiot. Ohjeistuksen ja arvioinnin uudistamisen avulla töistä laaditut raportit selkiytyivät huomattavasti aikaisempiin vuosiin verrattuna. Opiskelijat myös noudattivat yhä selkeämmin tieteellisen kirjoittamisen periaatteita mm. rakenteen ja viittauskäytäntöjen osalta.

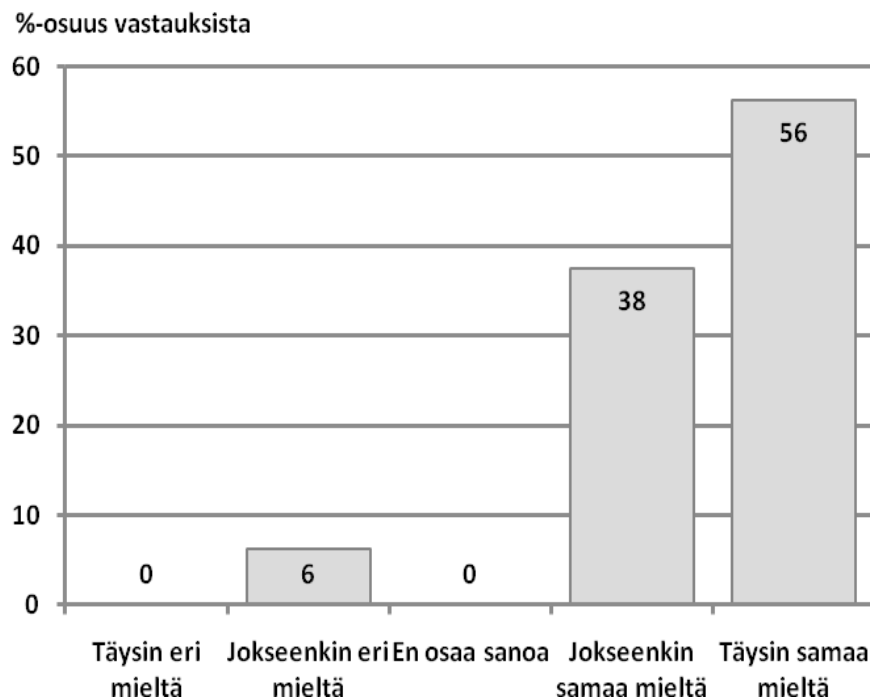
Harjoitustyöhön tehdyillä muutoksilla oli myös välittömiä vaikutuksia kurssin muihin harjoitustöihin. Kurssin muilta opettajilta saadun suullisen palautteen perusteella työn läpikäyneet opiskelijat menestyivät paremmin seuraavissa harjoitustöissään. Opettajat havaitsivat esimerkiksi selkeän positiivisen muutoksen raporteissa sellaisten opiskelijoiden osalta, jotka olivat aiemmin tehneet kehittämiskohteena olleen instrumenttianalytiikan harjoitustyön.

4.4 Opiskelijapalaute

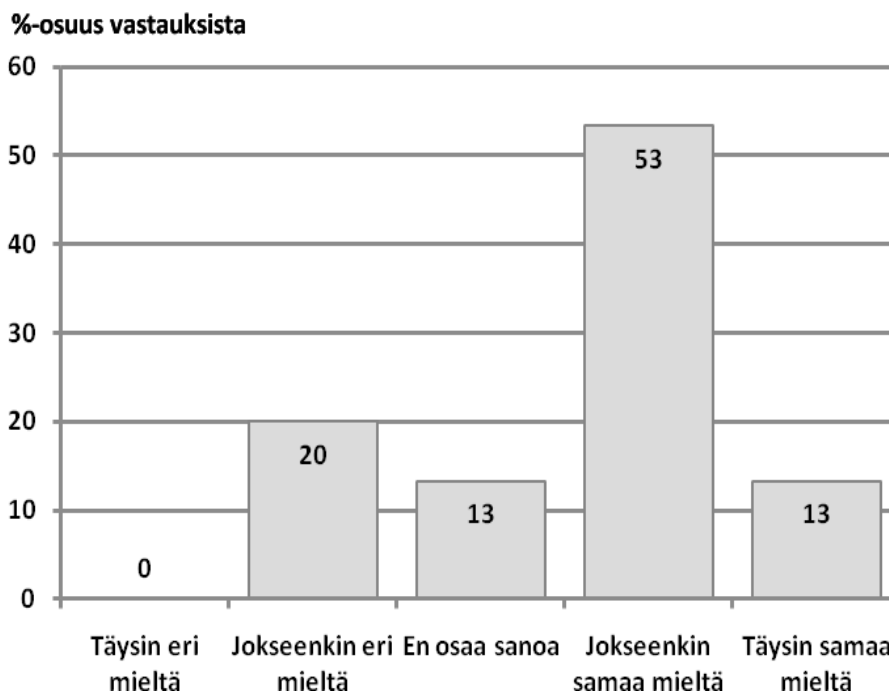
Harjoitustyöstä käytetyssä palautelomakkeessa pyrittiin kiinnittämään huomiota opiskelijoiden oppimiseen, mutta erityisesti siihen, miten arviointimatriisi otettiin vastaan ja mikä vaikutus sillä oli opiskeluun. Palautelomakkeet jaettiin opiskelijoille työstä käydyn palautekeskustelun jälkeen ja opiskelijat palauttivat palautekaavakkeita kurssin aikana. Seuraavassa on esitetty muutamia tärkeimpiä huomioita palautteesta.

Koska palautetta kerättiin jo kurssin kuluessa, oli työn ja opetuksen jatkuva kehittäminen kurssin aikana mahdollista. Kurssista saadun palautteen perusteella opiskelijat pitivät siitä, että arviointiperusteet esitettiin selkeästi matriisin avulla (Kuva 1). Arvioinnin

selkeyttämisellä oli myös selvä vaikutus opiskelijoiden ennakoivalmistautumiseen (Kuva 2). Palautteen perusteella suurin osa opiskelijoista koki myös oppineensa perusasiat työssä käytetystä laitteistosta ja työhön liittyneestä näytteenkäsittelystä.



Kuva 1. Väittämän "On hyvä, että työn arviointiperusteet esitetään tarkasti ennen työtä" vastaukset (n=16).

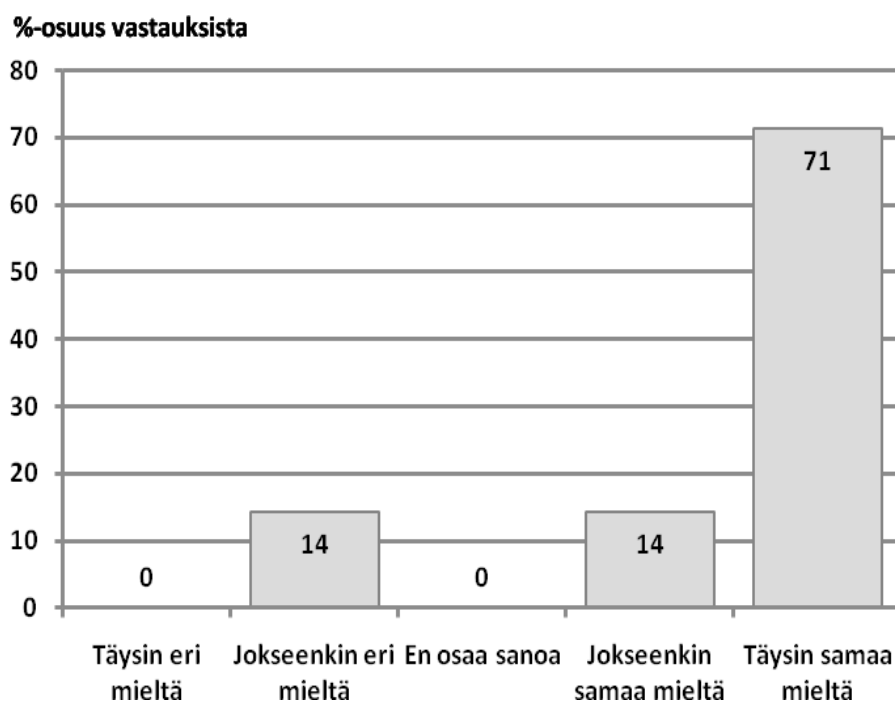


Kuva 2. Väittämän "Tieto arviointikäytännöistä lisäsi ennakoivalmistautumistani työhön" vastaukset (n=15).

Palautteesta myös ilmeni, että opiskelijat käyttivät aiemmin oppimaansa tietoa hyväksi työn suorituksen aikana (Kuva 3). Palautteen ja tehtyjen havaintojen perusteella näyttäisikin siltä, että opiskelijat yhdistivät työn aikana aiemmin opittua tietoa käytäntöön ja syvensivät harjoitustyön aikana luennoilla oppimaansa tietoa. Tätä havaintoa tukevat myös palautekaavakkeen avoimiin kysymyskenttiin kirjoitetut kommentit, joista muutamia esimerkkejä seuraavassa:

”Opin käyttämään ICP-OES-laitetta. Opin ymmärtämään paremmin Instrumenttianalytiikka kurssilla opetettua tietoa”

”Työ oli selkeä ja mielenkiintoinen. Työ selkeytti luennoilla opittuja asioita hyvin.”



Kuva 3. Väittämän ”Hyödynsin aikaisemmin luennoilla oppimaani tietoa työn yhteydessä” vastaukset (n=14).

5. Johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa suunniteltiin ja otettiin käyttöön arviointimatriisiin perustuva arviointijärjestelmä Oulun yliopiston kemian laitoksen epäorgaanisen kemian tutkimusharjoitteluun liittyvässä instrumenttianalytiikan laboratorioharjoitustyössä. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että arviointimatriisin avulla on mahdollista toteuttaa jatkuvaa arviointia, jossa arviointi on hyvin linjassa käytetyn opetusmenetelmän ja opetuksen tavoitteiden suhteen.

Opiskelijat ottivat hyvin vastaan arviointikäytänteiden muuttamisen. Arvioinnin selkeyttäminen ja sen läpinäkyvyyden parantaminen vaikutti selvästi opiskelijoiden työskentelymotivaatioon ja suuntasi oppimista pääosin oikeaan suuntaan. Tutkimuksen tulokset ovat tältä osin yhteneviä aikaisempien tutkimusten kanssa (Pellegrino et. al. 2001;

Siegel et. al. 2006). Arvioinnin uudistamisen tuloksena näkyi myös opiskelijoiden oppimisprosessin kokonaisvaltainen jäntevöityminen. Työt suunniteltiin entistä paremmin, käytännön työskentelyssä tehtiin aikaisempaa vähemmän virheitä ja tehtyjen havaintojen perusteella opiskelijat käyttivät aiemmin opittua teoretietoa harjoitustyön ja raportoinnin yhteydessä. Yhteenvetona voidaan todeta, että uudistetussa työssä opiskelijat oppivat aikaisempaa paremmin laboratoriotyön suunnittelua, tulosten tulkintaa sekä teoretiedon yhdistämistä käytännön ongelmien ratkaisuihin. Kaikki nämä ovat laboratorio-opetuksen ydinalueita (Johnstone & Al-Shuaili 2001; Hofstein, 2004).

Käytännön työskentelyn arvioinnin sisäänajo täysin uuteen harjoitustyöhön on opettajalle haastava tehtävä. Tutkimuksen aikana havaittiin, että kokemuksen karttuessa työskentelyn arviointi helpottuu ja on tärkeä osa laboratorioharjoitusten arviointia tulevaisuudessa. Tutkimustulokset osoittavat, että arviointimatriisi helpottaa opettajan palautteen antamista. Samankaltaisen havainnon ovat tehneet tutkimuksessaan myös Siegel et. al. (2006). Lisäksi tutkimuksen tulokset osoittavat, että arviointimatriisin avulla opettajan on mahdollista päästä hyvin lähelle kokonaisvaltaista oppimisprosessin arviointia laboratorioharjoitusten yhteydessä. Tämä vaatii kuitenkin opettajalta harjoitusten aikana sitoutumista opiskelijoiden seurantaan sekä harjoitustyön ja sen kriittisten vaiheiden läpikotaista tuntemista.

Lähteet

- Biggs, J. & Tang C. (2007). *Teaching for Quality Learning at University: What the Student Does*, 3rd ed. Buckingham, GBR: Open University Press.
- Cunningham, J. B. (1997). Case study principles for different types of cases. *Quality & Quantity*, 31, 401-423.
- Gulikens J. T. M., Bastiaens T. J. & Kirschner, P. A. (2004). A five-dimensional framework for authentic assessment. *Educational Technology Research and Development*, 52, 67-86.
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry education: Research and practice*, 5, 247-264.
- Johnstone, A. H. & Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, 5, 42-51.
- Lindblom-Ylänne, S. & Nevgi, A. (2007). Oppimisen arviointi – Laadukkaan opetuksen perusta. Kirjassa S. Lindblom-Ylänne & A. Nevgi (toim.), *Yliopisto- ja korkeakouluopettajan käsikirja* (s. 253-267). Helsinki: WSOY.
- Lonka, A. & Lonka, I. (1991). *Aktivoiva opetus, Käsikirja aikuisten ja nuorten opettajille*. Helsinki: Kirjayhtymä.
- Moskal, B. M. (2000). Scoring rubrics: what, when and how? *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 7(3). <http://pareonline.net/getvn.asp?V=7&n=3>, luettu 3.6.2010.

Pellegrino, J. W, Chudowsky, N. & Glaser, R. (toim.), (2001) *Knowing What Students Know, The Science and Design of Educational Assessment*. Washington DC, USA: National Academic Press.

Siegel, M. A., Hynds, P., Siciliano, M. & Nagle, B. (2006) Using rubrics to foster meaningful learning, Kirjassa P. Simmons (toim.), *Assessment in Science: Practical Experiences and Education Research* (s.105-120). Arlington, VA, USA: National Science Teachers Association.

Luokanopettajaopiskelijoiden käsityksiä ja kokemuksia tutkimuksellisesta opiskelusta fysiikka/kemian kurssilla

Maija Rukajärvi-Saarela¹, Margetta Sarkkinen² & Maija Aksela³

¹ Tekniikan ja liiketalouden yksikkö Kokkola, Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu

² Luokanopettajien aikuiskoulutus, kasvatustieteet, Kokkolan yliopistokeskus Chydenius

³ Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Tutkiva oppiminen / tutkimuksellinen opiskelu (inquiry-based learning) on EU:n suosittelema lähestymistapa opetukseen. Sen avulla halutaan lisätä innostusta opiskella luonnontieteitä ja tukea oppijoiden luonnontieteellisen ajattelun kehittymistä. Artikkelissa esitellään tapaustutkimusta, joka on osa luokanopettajien aikuis- ja täydennyskoulutuksessa tapahtuvaa kemian opetuksen laajempaa kehittämistutkimusta. Lähtökohtina koko kehittämistutkimuksessa ovat kemia luonnontieteenä, opetussuunnitelman perusteet ja luokanopettajien tarpeet sekä opettamisesta ja oppimisesta saatu tutkittu tieto. Tapaustutkimuksessa tarkasteltu koulutus järjestettiin keväällä 2010 luokanopettajien aikuiskoulutuksen yhteydessä heidän fysiikka/kemia -kurssinaan. Tutkimuksen tavoitteena oli saada tietoa opettajaopiskelijoiden käsityksistä ja kokemuksista fysiikka/kemian tutkimuksellisesta opiskelusta, kun heidän kanssaan opiskelutilanteessa oli myös 5.- 6. luokkien oppilaita. Tutkimusaineistoa on kerätty puolistrukturoidun kyselykaavakkeen, opettajien päiväkirjojen ja osallistuvan havainnoinnin ja ryhmäkeskustelujen avulla ja sitä on analysoitu käyttäen laadullisen tutkimuksen menetelmiä. Kehittämistutkimuksessa on käynyt selville, että teoriatasolla kokeellisuus ja tutkiva oppimisote ovat luokanopettajilla ja -opettajaopiskelijoilla tiedossa. Tässä tapaustutkimuksessa kävi ilmi, että opettajan rooli samanaikaisesti sekä tutkivana opettajana että tutkimusta tekevien oppilaiden ohjaajana on haastavaa. Opettajaopiskelijat kokivat, että tutkimuksellisen opiskelun idean aukeamiselle oppilaiden mukanaolo opiskelutilanteessa oli erittäin antoisaa. Lisäksi oppimispäiväkirjat, pohdinnat toisten opettajaopiskelijoiden kanssa sekä yhteiset, ohjatut keskustelut antavat tutkimuksen mukaan opettajaopiskelijoille itsevarmuutta lähteä kentälle opettamaan kemiaa, vaikka kaikki kemian käsitteet ei vielä olekaan täysin hallinnassa.

1. Taustaa

Uteliaisuus on ihmisen perusominaisuus, jonka turvin sekä lajin henkiinjääminen että kulttuurin jatkuva kehittyminen on mahdollistunut. Sokrates haastoi nuoria ajattelevaan, kyselemään vanhemmilta ja etsimään vastauksia ratkaisemattomiin ongelmiin. Intohimo tutkimiseen ei ole peritty vain antiikin kreikkalaisilta vaan myös renessanssin ajan Galileolta ja Leonardolta sekä valistusajan Lockelta ja Rousseaulta. Tämän päivän ihmisille kyky ajatella omilla aivoilla lienee paras työkalu selvittää yhä monimutkaistuvassa maailmassa. Näin ollen koulutuksen erityistavoitteina tulisi olla kehittää taitoa epäilevään kyselyyn ja itsenäiseen ajatteluun.

Toisen maailmansodan alla 1930 -luvulla kasvattaja ja filosofi John Dewey (1938, 111) on todennut: ”Tieteellinen menetelmä on ainoa käytössämme oleva luotettava tapa päästä käsiksi arkipäivän kokemustemme tarkoituksiin ja merkityksiin.” Deweylle tutkiva opettaminen tarkoitti sitä, että lasten annettiin oppia suorista kokemuksista ja heidän luontaista uteliaisuuttaan ruokittiin. Hän uskoi, että luova ajattelu on aina mukana tieteellisessä toiminnassa ja ihmisen intellektuaalinen toiminta on periaatteessa samanlaista oltiin sitten lastentarhassa tai tiedelaboratoriossa. (Dewey, 1938)

Jean Piaget ja Jerome Bruner (1966) ovat lisänneet kognitiivisen eli tiedollisen tutkimuksen tekemisen Deweyn filosofisiin väittämiin. Brunerin mielestä opiskelijoita tulisi auttaa tarttumaan ajattelun syviin käsite-rakenteisiin, jotka ovat tieteen taustalla pikemminkin kuin muistamaan ulkoa irrallisia yksityiskohtia (Bruner & Kenney, 1966).

2. Luonnontieteellinen ajattelu

Kasvaessaan ihminen kehittää maalaisjärkeään ja arki-ajatteluaan, jotka auttavat ymmärtämään nähtyä ja koettua käytännön tasolla. Arki-ajattelu ei aina ole yhteisymmärryksessä nykyisen tieteesen pohjaavan maailmankuvan kanssa. Maalaisjärjellä ajateltuna esimerkiksi maapallo näyttää litteältä ja aurinko näyttää liikkuvan taivaalla. Opetuksella meidät on kuitenkin saatu näkemään ja ymmärtämään toisin. Luonnontieteiden opetuksen yksi tärkeä tavoite on auttaa lapsia kehittämään tieteellistä maailmankuvaansa ja ymmärtämään tieteellisten käsitteiden merkityksen.

Bloomin taksonomia auttaa määrittelemään osaamisen ja ajattelun tason. Siinä osaaminen jaetaan kuuteen tasoon: tietäminen ja muistaminen, ymmärtäminen, soveltaminen ja analysoiminen sekä synteessin tekeminen ja arviointi. Tietämisen tasolla asia ainoastaan muistetaan, mutta sitä ei vielä ymmärretä. Soveltamisen tasolla opittua asiaa osataan jo soveltaa, ja vastaavasti analysoimisen tasolla opittua pystytään jo analysoimaan. Syntetisoimisen tasolla opittu osataan yhdistää aiemmin opittuun tietoon ja arvioinnissa opittua asiaa pystytään arvioimaan. (Bloom 1980). Oppimisessa kaikki tavoitetasot ovat tarpeen.

Hyvä tiedeopetus vaatii sekä luonnontieteellisten käsitteiden oppimista että luonnontieteellisen ajattelutaitojen kehittämistä. Luonnontieteellisessä ajattelussa tarvittavia taitoja ovat mm. vertailu, yhteenvedon tekeminen, havaitseminen, luokittelu, sisäistäminen, arvostelu, johtopäätösten tekeminen, mielikuvien käyttäminen ja kuvittelu, tiedon kerääminen ja järjestäminen, hypoteesin esittäminen, tosiasioiden ja periaatteiden soveltaminen uudessa tilanteessa, päätöksenteko, muuttujien kontrollointi, yleistäminen, tutkimuksen suunnittelu ja tutkiminen sekä virheiden korjaaminen. Tehokkaan luonnontieteiden opetuksen tulee nojata monipuoliseen opetukseen ja tutkimuksellisuudella on tärkeä rooli oppimisessa, koska se tukee korkeamman tason ajattelutaitojen kehittymistä. Tutkimuksellisen opiskelun avulla on mahdollista pitää ihmettely ja uteliaisuus elävänä luokkahuoneessa. (esim. Rukajärvi-Saarela & Aksela 2009; Aksela 2005; Lavonen et al., 2008; Meisalo & Lavonen 1994)

3. Tutkimuksellinen opiskelu

Tutkimuksellinen opiskelu (inquiry based learning) on luonnontieteiden oppimisen (science learning) ydin. Englanninkielinen sana inquiry tulee latinan sanoista "in" tai "inward" (sisäinen, sisään suuntautunut) ja "quirer", mikä tarkoittaa verbiä kysyä, kysellä "to question". Inquiry ei ole vain kysymysten tekemistä vaan se on kyselyä, jonkin tutkimista, tiedustelua. Inquiry sisältää käsityksen syvällisyydestä. Se tarkoittaa johonkin tunkeutumista sisään niin, että nähdään jotakin, mitä ei ole ennen nähty.

Tutkimuksellinen opiskelu on tutkimista, mikä johtaa kysymysten esittämisen, löytöjen tekemisen ja tehtyjen löytöjen perusteellisen testauksen avulla uuteen ymmärrykseen. Luonnontieteiden opetuksessa tutkimuksellisen opiskelun tulisi mahdollisimman hyvin seurata oikeaa tieteentekemistapaa. Tutkimusprosessia vie eteenpäin tutkijan oma uteliaisuus, ihmettely tai intohimo ymmärtää tehtyä havaintoa tai ratkaista ongelmaa. Prosessi alkaa, kun oppija huomaa jotakin kiehtovaa tai yllättävää tai jokin aiheuttaa kysymyksen - joku on uutta tai joku asia ei tunnu järkevältä suhteessa oppijan aikaisempaan kokemukseen tai senhetkiseen ymmärrykseen. Seuraava askel on ryhtyä toimiin, eli jatkaa havainnointia, herättää kysymyksiä, tehdä hypoteeseja ja testata niitä ja muodostaa teorioita sekä käsitteellistää malleja. Jotta saatu kokemus olisi merkityksellinen, tarvitaan reflektointia, keskustelua, vertailua toisten saamiin tuloksiin, datan ja havaintojen tulkintaa sekä uusien käsitteiden soveltamista uusiin asiayhteyksiin. Samalla oppijat kehittävät omia korkeamman tason ajattelutaitojaan syntetisoidessaan uutta tietoa. (esim. Aksela 2005; Lavonen et al., 2008; Näsäkkälä et al., 2001; St John 2000, 109-111; Hakkarainen et al., 1999b, 6-23)

Hakkarainen, Lonka ja Lipponen (1999a) ovat teoksessaan Tutkiva oppiminen kuvanneet asioita, jotka he näkevät keskeisinä tutkivassa oppimisessa tai pikemminkin tutkimuksellisessa opiskelussa. Heidän mukaansa liikkeellelähtö tapahtuu avoimesti määrittelystä ongelmasta, johon ei ole olemassa kaavamaisista ratkaisua. Tietoa rakennetaan sosiaalisesti ryhmässä ja tärkeää on asiantuntijuuden jakaminen. Opettaja on tutorin tai valmentajan roolissa ja hän tukee ryhmätoimintaa sekä ymmärryksen ja tiedon etsinnän prosesseja. Heidän mukaansa tutkivan oppimisen tavoitteita ovat: sisällön oppiminen, ongelmaratkaisutaidot, tiedonhankintataidot, yhteistyötaidot, itseohjautuvan oppimisen taidot, oman oppimisen arvioinnin taidot sekä tieteellisen ajattelun ja päättelyn taidot. Tieto tulee ankkuroida tieteenalojen moniulotteisiin ja haastaviin kysymyksiin sekä opiskelijoiden omiin kysymyksiin. Olennainen osa tutkivaa oppimista on prosessin tulosten yhteenveto ja tulosten julkistaminen, jolloin oppijoiden tuottama tieto ei jää ainoastaan heidän omaksi tiedokseen. Tutkiva oppiminen siis tarkoittaa oppijan sitoutumista asteittaisesti syvenevään oppimisprosessiin ja opettajan tehtävänä on tukea oppijan kehittymistä asiantuntijaksi ja tutkijaksi. (Hakkarainen et al., 1999a)

4. Opettajan rooli tutkimuksellisessa opiskelussa

Opettaessaan luonnontieteitä tutkimuksellisella menetelmällä opettajan on sallittava lasten itse hallita oppimisprosessiaan. Tämä tarkoittaa, että lapsille annetaan mahdollisuuksia liittää asioita kysymyksiin, jotka heitä kiinnostavat ja hakea vastauksia näihin kysymyksiin. Opettajan tulee olla tietoinen siitä, mitä käsitteitä lasten tulee oppia, mutta silti sallia runsaasti vaihtelua lasten tutkimuksissa ja hyväksyä, että samaan ongelmaan voi olla monia ratkaisuja. Hän helpottaa ja ohjaa toimintaa ja laatii käsitteellisen kehyksen, josta lapset kehittävät omia tutkimuksiaan. Tämä käsitteellinen kehys on pohja lasten ohjaamiselle oppimaan jotakin syvällisempää tieteellisessä mielessä. (Hakkarainen et al., 1999b, 6-23)

Tutkiva opetus ei ole kaoottista, vaan tarkoin suunniteltua toimintaa. Se vaatii erilaista suhdetta opettajan ja oppilaan välillä kuin mitä perinteiset opetustavat sekä korkeamman tason organisointia, suunnittelua ja jäsentelyä niin opettajalta kuin oppilaitakin.

Ideaalitapauksessa prosessit, joita käytetään tieteellistä tutkimusta tehdessä tai kehitettäessä käsitteellistä ymmärrystä ja tietoa, toimivat yhteistyössä. Prosessin ja sisällön saumaton yhteenkutoutuminen riippuu sekä opettajan että oppilaiden kokemuksesta ja itsevarmuudesta tehdä tutkimusta (esim. Rankin 2000). Opettajien tehtävä on auttaa oppilaita kehittämään taitojaan olla hyviä tutkijoita. Nämä taidot kehittyvät ja kasvavat aikaa myöten.

Opiskelutilanteissa opettaja ohjaa opetuskeskustelua ja opastaa oppilaita kokeellisten luonnontieteiden käytäntöihin. Tutkimusprosessin aikana opettaja kulkee luokassa keskustellen eri ryhmien oppilaiden kanssa, kun he tekevät kokeitaan. Hän kuuntelee heidän kysymyksiään ja ajatuksiaan koko ajan arvioiden heidän edistymistään ja miettien heidän oppimiseensa sopivia seuraavia vaiheita. Hän kerää aina välillä oppilaat yhteen ja antaa tärkeää lisätietoa esimerkiksi pitämällä opetustuokion, tekemällä demon tai herättämällä keskustelun jostakin luokassa esilläoluksesta asiasta.

Jotta tutkimuksellinen opiskelu on tehokasta, on opettajan luotava pohja, jonka varassa oppilaat voivat alkaa ottaa vastuuta omasta oppimisestaan. Hänen on luotava virikkeellinen oppimisympäristö, jossa lapset oppivat järjestämään ja käsittelemään materiaaleja (esim. Rukajärvi-Saarela&Aksela 2009). Opettajan tulee kehittää kannustava sosiaalinen ilmapiiri, jossa oppilaat voivat työskennellä pienemmissä tai isommissa ryhmissä, osallistua keskusteluihin ja oppia kunnioittamaan toistensa ideoita ja ajatuksia.

5. Tutkimuksen lähtökohdat, aineisto ja tutkimusmenetelmät

Tässä artikkelissa kuvattava tutkimus on tapaustutkimus (Hannery & Foster 2000) ja se toteutettiin *Tutkimalla oppiminen ja opettaminen – fysiikka/kemia* -kurssin puitteissa keväällä 2010 luokanopettajien aikuiskoulutuksen yhteydessä. Tapaustutkimuksen päätavoitteena oli selvittää, miten fysiikka/kemian -kurssilla järjestetty tutkimuksellinen opiskelu tukee tulevien luokanopettajien omien käsityksen mukaan heidän valmiuksiaan lähteä opettamaan fysiikka/kemiaa peruskoulun alaluokilla.

5.1 Tutkimuskysymykset

Tutkimusta ohjasivat tutkimuskysymykset:

1. Mikä on oppilaan rooli tutkivassa opiskelussa?
2. Miten opettajaopiskelija kokee roolinsa tutkivana opettajana?
3. Mikä on opettajaopiskelijan rooli tutkivana opiskelijana?

Tapaustutkimus on osa kehittämistutkimusta, jonka päätehtävinä ovat:

1. Luokanopettajille ja luokanopettajaopiskelijoille tarkoitetun fysiikka/kemian (täydennys)koulutuksen suunnittelu ja toteutus.
2. Selvittää, miten tutkittavat kokevat oman roolinsa tutkimuksellisessa opiskelussa toisaalta opettajana ja toisaalta oppijana

5.2 Aineistonkeruu ja tutkimusmenetelmät

Kurssille osallistui 34 luokanopettajien aikuiskoulutuksessa opiskelevaa opettajaopiskelijaa ja koulutus pidettiin opetuslaboratorioympäristössä. Koulutus käsitti 12 tuntia kontaktiopetusta, joista 2 tuntia oli varattu koontiin ja opettajaopiskelijoiden tekemien demojen yhteiseen tarkasteluun. Kontaktiopetuksesta 2 x 4 tuntia toteutettiin niin, että mukana oli myös 5. – 6. -luokan oppilaita oman opettajansa kanssa. Tällöin muodostettiin pientyöryhmiä, joihin kuului keskimäärin kaksi opettajaopiskelijaa ja kaksi oppilasta. Opettajaopiskelijat toimivat samanaikaisesti sekä oppilasparin ohjaajina että itse tutkivina oppijoina kurssin vetäjien toimiessa heidän ohjaajinaan. Kurssin vetäjinä toimivat tutkija itse ja toinen ohjaava opettaja.

Ennen kontaktijakson alkamista opettajaopiskelijoilla oli ennakotehtävänä selvittää annetun listan mukaan kemiaan ja fysiikkaan liittyviä ilmiöitä ja käsitteitä, jotka oli poimittu 5.-6. luokan peruskoulun opetussuunnitelman valtakunnallisista perusteista (POPS 2004). Samoin he saivat ennakkoon oppilastyöohjeet. Opettajaopiskelijat kirjoittivat koko ajan omaa oppimispäiväkirjaansa, jossa he pohtivat tutkimuksellista opiskelua, fy/ke -kurssia ja oppimiskokemuksiaan

Aineiston hankinnassa käytettiin ensinnäkin 1) kyselykaavaketta, jonka puolistrukturoidut avokysymykset oli laadittu tutkimuskirjallisuutta ja omia aikaisempia tutkimuksia hyväksikäyttäen. Tutkimuskysymykset oli laadittu teemoittain, ja kyselyrunko on toiminut apuna aineiston analysoinnin teemaluokittelussa (Alasuutari 1993). Kysely tehtiin käyttäen samaa kyselykaavaketta sekä kurssin alussa että lopussa. Toisen tärkeän osan tutkimusaineistosta muodostavat opettajaopiskelijoiden kirjoittamat 2) päiväkirjat. Niiden analysoinnissa on käytetty hyväksi samaa teemaluokittelua kuin kyselykaavakkeiden analysoinnissa. Johtopäätöksiin ovat antaneet lisätietoa myös kurssin aikana tehdyt kurssin vetäjien 3) havainnot ja käydyt 4) ryhmäkeskustelut.

6. Tutkimustulokset ja niiden tarkastelua

Ilmiö, jota tässä tutkimuksessa tutkitaan, on opiskelutapahtuma ja välineenä käytetään opettajaopiskelijoiden omia kuvauksia ja tulkintoja asiasta sekä tutkijan tekemiä havaintoja. Aineistona ovat tutkittavien kirjoittamat kyselyvastaukset ja päiväkirjat sekä havainnoinnit ja ryhmäkeskustelusta tullut aineisto. Kirjallista aineistoa (kyselyvastaukset ja päiväkirjat) on aluksi luettu useaan kertaan läpi ja katsottu, mitä sieltä nousee esille. Sitten aineisto on koodattu ja jäsennelty teemoittain tutkimuskysymyksiä apuna käyttäen. Laadulliselle tutkimukselle tyypilliseen tapaan jo aineiston keruuvaiheessa tutkija on alkanut tehdä tulkintaa, joten aineiston keruu ja analysointi ovat ajallisesti kulkeneet käsi kädessä. Tutkimustuloksia esitellään tutkimukselle asetettujen tutkimuskysymysten mukaan. Lukujen sisällä tuloksien kuvaaminen ja analysointi perustuvat edellä kerrotun mukaisesti aineistolähtöiseen sisällönanalyysiin ja niistä tehtyihin tulkintoihin. (Tuomi&Sarajärvi 2001)

6.1 Oppilaan rooli tutkimuksellisessa opiskelussa

Kun kurssille osallistuneet opettajaopiskelijat tarkastelivat tutkivaa opiskelua oppilaan näkökulmasta, nostivat he tärkeänä asiana esille oppilaan oman hypoteesin tekemisen ja totesivat sen lähtevän oppilaan omasta tieto- ja kokemusmaailmasta. Usea opettajaopiskelija kirjoitti, että oppilaiden ei ollut helppoa esittää omia hypoteesejaan. He pohtivat päiväkirjoissaan syitä tähän pelkoon ja mahdollisia opettajan toimia pelon poistamiseen.

Se (hypoteesin tekeminen) oli mielenkiintoinen pointti, sillä monesti oppilaat ajattelevat että heidän pitää olla oikeassa ja on huono jos kokeessa ei käykään niin että oma hypoteesi pitää paikkaansa. Tämän korostaminen auttaa varmasti oppilaita miettimään oikeasti omilla aivoilla. --- Hypoteesien teko paljasti hiukan heidän ajattelumaailmaansa. (Opettajaopiskelija7)

Opettajaopiskelijat kirjoittivat, että tutkivaan opiskeluun kuuluu havainnointi ja asioista keskustelu. Useimmat heistä mainitsivat, että opettajan innostus oppiaineeseen on merkittävä oppilaiden opiskelua motivoiva tekijä. Samoin maininnat oppilaan aktiivisesta osallistamisesta oppimistapahtumaan ja oppimistilanteessa saadut kokemukset tulevat esille useissa vastauksissa. Päiväkirjoissa todetaan, että omien havaintojensa kautta oppilas pääsi testaamaan opettajan ohjauksessa omia oletuksia ja rakentamaan omaa tietämystään.

Tutkivassa oppimisessa tuli selvästi esiin oppilaslähtöinen ajatus. Se laittoi oppilaan oikeasti miettimään. --- Kaiken kaikkiaan fyke on oppiaine, jonka merkittävien opetuksen asia on havaintojen tekeminen. Sekä se, että tulee luottaa omaan havaintoon ja sitten voidaan yhdessä pohtia, onko omat havainnot yleisen tiedon "tutkijoiden tiedon" kanssa samassa linjassa. Jos ei ollut, niin mitkä tekijät siihen mahdollisesti vaikutti. (Opettajaopiskelija13)

Opettajaopiskelijoiden mukaan asioiden ihmettely, pohdinta, kyseenalaistaminen ja niistä keskustelu tutkimuksen teon aikana vievät oppilaan ymmärrystä eteenpäin. Päiväkirjoissa opettajaopiskelijat kirjoittavat, että tutkimuksen teon aikana oppilaille ei tule antaa suoria vastauksia, vaan he saavat itse etsiä, tutkia ja selvittää ongelmia.

Kokonaisuudessaan hyvä oppimistilanne ja kiva kuulla oppilaiden ajatuksia koonnin aikana, monet pojat olivat silminnähden innostuneita ja olivat varmasti jo kokeilleet yhtä sun toista omin nokkinensa, mutta myös tyttöjen uteliaisuus ja innostus näkyi! (Opettajaopiskelija27)

6.2 Opettaja ohjaamassa tutkivaa opiskelua

Kysyttäessä opettajaopiskelijoilta, miten he toimivat opettajana tutkimuksellisessa opiskelussa, he kertoivat, että opettajan tehtävä on toiminnan ohjaaminen. Oppilas voi tukeutua pulmatilanteessa opettajaan, jonka on hyvä pysytellä toiminnan aikana enemmän taustalla, mutta kuitenkin läsnäolevana.

Opettajana kiinnitin huomiota myös siihen, kuinka tärkeää on asettaa hyviä kysymyksiä. Oppilaiden omille pohdinnoille on annettava aikaa, eikä saa olla itse heti äänessä oikeine vastauksineen, kun jokin ajatus on heitetty ilmaan. On tärkeää perehtyä itse siihen, mitä on tekemässä, jotta ohjaustilanteesta ei tule sekava. (Opeopiskelija24)

Opettajaopiskelijat kertoivat, että kun sai olla mukana lasten tutkimuksia ohjaamassa, oppi väistämättä itse koko ajan. Lasten ilo onnistuessa ja oppiessa antaa parasta palautetta myös opettajalle onnistumisesta työssä.

Käytännössä kurssi toteutettiin laboratoriossa ja käydyissä keskusteluissa pohdittiin paljon oppimisympäristön merkitystä. Se näkyy vastauksissa: niissä mietitään, millaisilla muutoksilla tavallisesta luokkahuoneesta saadaan motivoiva ympäristö. Päiväkirjapohdinnoissaan opiskelijat miettivät paljon tutkimalla opettamista ja oppimista sekä opettajan että oppilaan kannalta.

Opettajan tärkeänä tehtävänä on yhdessä oppilaiden kanssa luoda turvallinen, kiireetön ja innostava ilmapiiri ja työympäristö, jossa jokainen voi turvallisesti ja luottavaisesti tehdä pienimuotoisia tutkimuksia ja kokeiluja yksin, pareittain ja pienryhmissä. (Opeopiskelija17)

Tutkivassa oppimisessa tuli selvästi esiin oppilaslähtöinen ajatus. Se laittoi oppilaan oikeasti miettimään ja antoi opettajalle ohjaajan ja kannustajan roolin. (Opeopiskelija5)

Heti kurssin jälkeen tehdyssä kyselyssä opiskelijat korostivat enemmän opettajan roolina ohjaamista ja oikeiden kysymysten merkitystä prosessin eteenpäin viejänä. Samoin sanottiin, että opettaja on mahdollistaja ja vastuullinen koko oppimistilanteesta. Vasta päiväkirjapohdinnoissa pohdittiin enemmän opettajan omaa aineenhallintaa ja nimenomaan opettajan suhdetta aineeseen ja opetusmenetelmiin. Oppimispäiväkirjoissaan opiskelijat pohtivat myös erilaisia oppilastehtäviä ja niiden opetuksellista merkitystä. Kurssilla oli niin avoimia kuin ohjattuja tehtäviä. Ennakkosuunnittelun merkitys alkoi selkiintyä opettajaopiskelijoille heidän työskennellessään kurssilla oppilaiden kanssa. Samoin opettajaopiskelijat alkavat pohtia oppimateriaaliin tutustumisen ja käsitteistön haltuunoton tärkeydestä. He huomasivat työskennellessään oppilaiden kanssa, että ennakkotehtävänä annettu käsitteistö tuli vastaan oppilastehtävissä.

Kun sai kokeilla lasten kanssa, niin tietää paremmin, minkälaisia haasteita on odotettavissa tulevilla opetustilanteilla ja mitä kenties muuttaisi vastaisuudessa. (Opeopiskelija20)

6.3 Opettaja oppijana

Opettajaopiskelijat kertoivat huomanneensa, että toimisessaan yhtä aikaa sekä pienryhmän ohjaajana mutta myös oppijana tutkiva oppiminen on mukavaa. Oppimista tapahtuu kuin itsestään, kun saa itse kokeilla. Tutkimuksen tekemisen aikana opettajaopiskelijoille selkiintyi esimerkiksi omista lähtökohdista lähtevien hypoteesien tekemisen merkitys. Myös havaintojen teon tarkkuudella on merkitystä. Omiin havaintoihin tulee luottaa ja ne tulee kirjoittaa ylös. Ja vain yksi asia kerralla tulee ottaa tutkimuskohteeksi.

... jäi kutkuttava ajatus siitä, että kokeita pitäisi päästä ehdottomasti tekemään lisää, jotta oma käsitys tuloksista ja tutkimuksen kulusta varmentuisi. (Opeopiskelija2)

Upeinta oli se, että itse oppi myös uutta opettajilta sekä oppilailta. Upea, että saadaan konkreettisesti osallistua tutkimustyöhön, vaikka oppilaat kokeet tekivätkin. Kyllä tutkimalla oppiminen jää mieleen vahvemmin kuin se, että lukee vain teorian kirjoista. (Opeopiskelija29)

Kun opettajaopiskelijat miettivät omaa osuttaan oppijoina, he toivat esille, että myös oma kiinnostus luonnontieteellisiä asioita kohtaan lisääntyi ja asiat selkiintyivät, kun niitä tutkittiin yhdessä oppilaiden kanssa. Opettajana oli opeteltava johdattelemaan oppilaita kysymyksiin ja annettava heille tilaa ja aikaa siirtymällä itse sivuun. Tästä seurasi, että fysiikka/kemia alkoi kiinnostaa opettajaopiskelijaa itseäänkin eri tavalla: tuli tunne, että hänestä itsestä löytyy pieni tutkija.

Koe, jonka me teimme riitti aukaisemaan silmät, mitä tutkimalla oppiminen on. Jos me aikuiset innostuimme noin asiasta, niin varmasti koululaisetkin (Opeopiskelija23)

Itse olen näistä fyken työpajoista ihan tykännyt, vaikka ehkä ennakkotietoni ja asenteeni ei ollut hirveän positiivinen. Kuitenkin opin että täytyy kokeilla, eikä aina ehkä osaa selittää miksi jokin asia tapahtuu, mutta siitä voi sitten ottaa selvää yhdessä oppilaiden kanssa. Uskon, että olen saanut vahvistettua pajojen tehtävien avulla fyken käsitteistöä, joka on ollut hyvin huteralla alunperin!! (Opeopiskelija3)

Tutkimukseen osallistuneet opettajaopiskelijat huomasivat, että toimiessaan yhdessä oppilaiden kanssa pienryhmässä syntyi paljon kysymyksiä ja ihmettelyä. Opettajan vastuulla oleva loppukoonti ja käsitteiden varmentamisen tärkeys korostui, samoin halu jakaa kokemuksia ja ideoita kollegoiden kanssa.

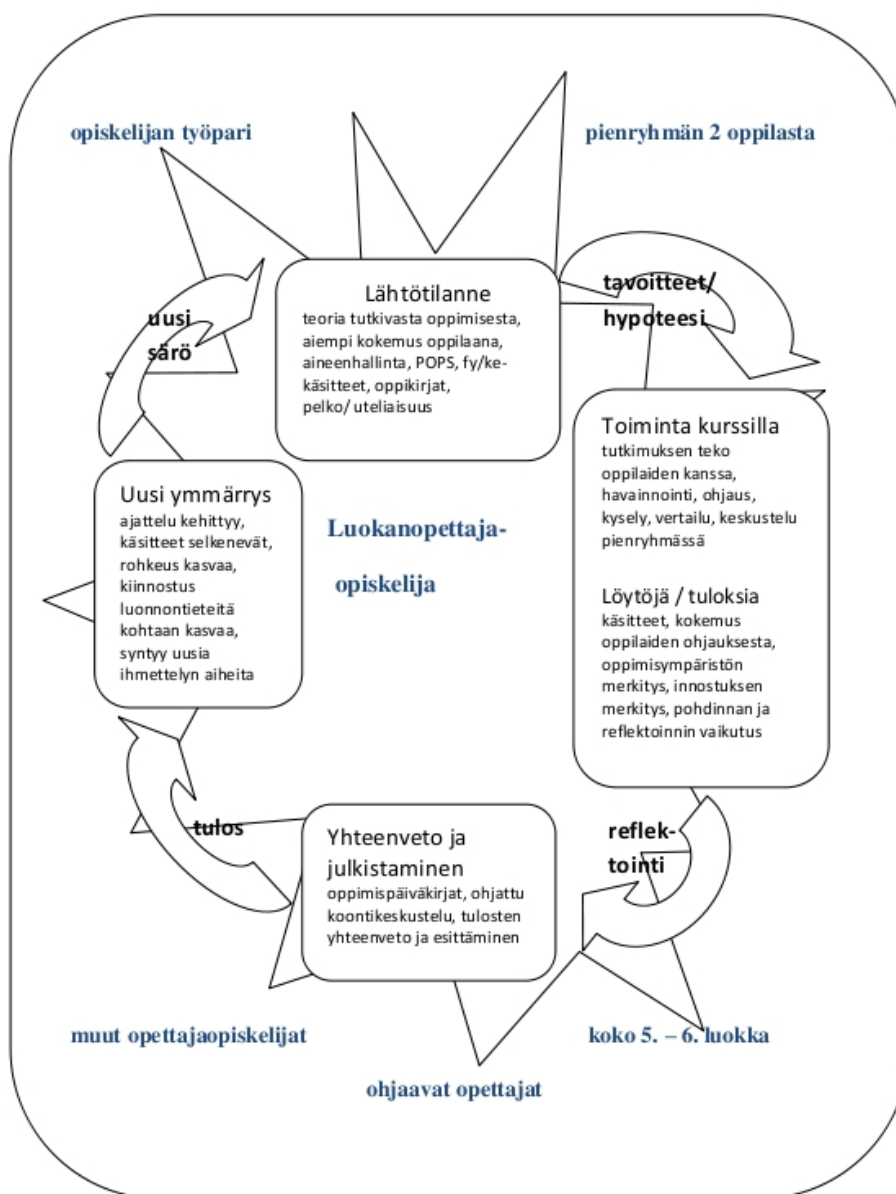
Kun sai kokeilla lasten kanssa, niin tietää paremmin, minkälaisia haasteita on odotettavissa tulevilla opetustilanteilla ja mitä kenties muuttaisi vastaisuudessa (Opeopiskelija20)

6.4 Luotettavuustarkastelua

Laadullista aineistoa tässä tutkimuksessa on kerätty käyttäen useita aineistonkeruumenetelmiä (kyselyvastaukset, päiväkirjat, havainnoinnit ja ryhmäkeskustelut). Tutkimuksen tiedonantajina ovat olleet opettajaopiskelijat. Saatu monipuolinen aineisto on ensin koodattu ja sitten käsitelty teemoittain, jotta on päästy tekemään tulkintoja. Havainnoinneista ja ryhmäkeskusteluista saatua tietoa on käytetty apuna tulosten tulkinnassa ja yhteenvetovaiheessa. Tulosten esittelyssä on tuotu lukijalle myös vastaajien suoria lainauksia lisäämään analysoinnin läpinäkyvyyttä. Näin toimien on pyritty parantamaan tutkimuksen luotettavuutta (esim. Hirsjärvi & Hurme 2001, Denzin & Lincoln 2000, 5, Eskola & Suonranta, 1996, Varto 1992,112).

6.5 Yhteenvetoa tuloksista

Tutkimukseen osallistuneet luokanopettajien aikuiskoulutuksen opiskelijat opiskelivat samanaikaisesti sekä aineenhallintaa että harjoittelivat tutkimuksellisen opiskelun ohjausta fysiikka/kemia -kurssilla. Tutkimustulokset opettajaopiskelijan näkökulmasta on esitetty kuvan 1 avulla.



Kuva 1. Luokanopettajaopiskelijan tutkimuksellinen opiskelu luokanopettajakoulutuksen fysiikka/kemia -kurssilla.

Fysiikka/kemia -kurssin toimintakehyksen muodostivat luokanopettajaopiskelijat, 5.-6.luokan oppilaat opettajansa kanssa sekä koulutusten ohjaavat opettajat. Toiminta tapahtui pienryhmissä, joihin kuhunkin kuului keskimäärin kaksi opettajaopiskelijaa ja kaksi oppilasta. Opettajaopiskelijan tutkimuksellinen opiskelu lähti tilanteesta, jossa opettajaopiskelijat kartoittivat oman lähtötilanteensa ja etätehtävänä he tutustuivat peruskoulun opetussuunnitelman perusteiden mukaan koottuun alakoulun fysiikan ja kemian käsitteistöön. He tekivät hypoteesinsa ja asettivat omat tavoitteensa kurssille. Varsinainen laborointi eli toiminta fysiikka/kemia -tehtävien parissa tapahtui 5.-6. luokkalaisten kanssa pienryhmissä, jolloin opettajaopiskelijat sekä opiskelivat aineenhallintaa että opiskelun ohjausta tutkimuksellisen opiskelun menetelmin. Luonnontieteellisen tutkimuksen tekeminen sekä fysiikan ja kemian käsitteet alkoivat selkiintyä ja opettajana toimimisen ydin alkoi kiteytyä opettajaopiskelijoille. Opettajaopiskelijoiden oma pedagoginen taito kehittyi, kun oli mahdollisuus keskusteluihin pienryhmissä vertaisopiskelijoiden kanssa. Erittäin tärkeä rooli oli koko ryhmän kanssa yhdessä käydyllä ja ohjaavien opettajien ohjaamalla koontikeskustelulla sekä henkilökohtaisilla päiväkirjapohdintoilla, joissa oli paljon pohdintaa opettajuudesta, opettajan osuudesta tutkimuksellisessa opiskelussa, opettajan suhteesta opetettavaan aineeseen ja sen merkitystä itse oppimistapahtumassa. Syntyi uutta ymmärrystä fysiikka/kemian aineenhallinnan tasolla ja tapahtui oman opettajuuden kasvamista. Opettajaopiskelijat kertoivat olevansa valmiimpia lähtemään kentälle opettamaan. Sekä kyselyjen vastaukset että oppimispäiväkirjat tulevat olemaan suurena apuna koulutuksen kehittämisessä.

Lähteet

- Aksela, M. (2005). *Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer assisted inquiry: A design research approach*. Väitöskirja, Helsingin yliopisto.
- Alasuutari, P. (1993). *Laadullinen tutkimus*. Jyväskylä: Vastapaino.
- Bloom, B. (1980). *All Our Children Learning*. New York: McGraw-Hill.
- Bruner, J. S. & Kenney, M. J. (1966). *Studies in cognitive growth*. New York: Wiley.
- Denzin, N. K. & Lincoln, Y. S. (2000). The Discipline and Practice of Qualitative Research. Kirjassa N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (toim.), *Handbook of qualitative research* (s. 1-28). Thousand Oaks. CA: Sage.
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. New York: Macmillan. Wilson, E.O. (1998). *Consilience: The unity of knowledge*. New York: Knopf.
- Dow, P. (2000). Why Inquiry? A Historical and Philosophical Commentary. *Foundations*, 2, 5-8. <http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/pdf/nsf99148.pdf>, luettu 1.9.2010.
- Eskola, J. & Suoranta, J. (1998). *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. Jyväskylä: Vastapaino.
- Hakkarainen, K., Bollström-Huttunen, M., Pyysalo, R. & Lonka, K. (2005). *Tutkiva oppiminen käytännössä: matkaopas opettajille*. Helsinki: WSOY.

- Hakkarainen, K., Lipponen, L., Ilomäki, L., Järvelä, S., Lakkala, M., Muukkonen, H., Rahikainen, M. & Lehtinen, E. (1999a). Tieto- ja viestintätekniikka tutkivan oppimisen välineenä. Helsingin kaupungin opetusvirasto. Helsinki: Multiprint.
http://www.helsinki.fi/science/networkedlearning/texts/to_opas.pdf, luettu 10.9.2010.
- Hakkarainen, K., Lonka, K. & Lipponen, L. (1999b). *Tutkiva oppiminen: Älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen*. Helsinki: WSOY.
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2001). *Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Helsinki: Yliopistopaino.
- Lavonen, J. & Meisalo, V. (2008). Opetuksen kokeellisuus.
<http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/lahestymist/index.htm>, luettu 21.3.2009.
- Meisalo, V. & Lavonen J. (1994). *Fysiikka ja kemia opetussuunnitelmassa*. Opetushallitus. Helsinki: Painatuskeskus.
- Näsäkkälä, E., Flinkman, M. & Aksela, M. (2001). *Luonnontieteellisen tutkimuksen tekeminen koulussa*. Helsinki: Opetushallitus.
- POPS. (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet*. Helsinki, Opetushallitus.
- Rankin, L. (2000). Lessons learned: Addressing common misconceptions about inquiry. *Foundations*, 2, 33-38. <http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/pdf/nsf99148.pdf>, luettu 1.9.2010.
- Rukajärvi-Saarela, M. & Aksela, M. (2009). Luokanopettajien käsityksiä ja kokemuksia tutkivasta kokeellisuudesta ja tarvittavista välineistä kemian opetuksessa. Kirjassa M. Aksela & J. Pernaa (toim.), *Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluihin. IV valtakunnalliset kemian opetuksen päivät*. Helsinki: Yliopistopaino Oy.
- St John, M. (2000). End paper: The value of knowing what you do not know. *Foundations*, 2, 109-111. <http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/pdf/nsf99148.pdf>, luettu 1.9.2010.
- Tuomi, P. & Sarajärvi, A. (2001). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Helsinki, Tammi.
- Varto, J. (1992). *Laadullisen tutkimuksen metodologia*. Helsinki: Kirjayhtymä tai Tampere: Tammer-Paino Oy.

Maaperän rikkaudet

Kimmo Mantila, Maija Rukajärvi-Saarela & Laura Rahikka

Tekniikan ja liiketalouden yksikkö, Kokkola, Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu

Maaperän rikkaudet -projektin tavoitteena on koota maaperästä, geologiasta, kaivannaisteollisuudesta ja metallinjalostusteollisuudesta oppimateriaalipaketti, jota voitaisiin käyttää perusopetuksessa ja lukiossa. Keväällä 2010 tehdyn esiselvityksen tavoitteena oli kartoittaa eri koulutusasteiden opetussuunnitelmien ja opetusmateriaalien sisältöjä ja se, mitä kaivannaisteollisuus, metallinjalostusteollisuus ja geologian tutkimuskeskus GTK haluavat tulevan oppimateriaalipaketin sisältävän. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin tulevan oppimateriaalipaketin muoto ja käytettävyys eri käyttäjäryhmien näkökulmasta. Tutkimus toteutettiin monivaiheisesti tutustumalla ensin opetussuunnitelmiin ja saatavilla oleviin oppikirjoihin ja sen jälkeen kerättiin tutkimusaineistoa puolistrukturoidun kyselylomakkeen ja teemahaastattelun avulla perusopetuksen ja lukion luonnontieteiden opettajilta. Tavoitteena oli kartoittaa geologian, kaivannaisteollisuuden ja metallinjalostusteollisuuden opetusta ja opetuksen tämänhetkistä sisältöä kouluissa. Toisena tavoitteena oli selvittää em. teollisuuden omat toiveet opetussisällöistä sekä mahdolliset jo heillä olevat materiaalit, joita voitaisiin hyödyntää oppimateriaalipaketteja koottaessa. Tutkimusaineistoa analysoidiin laadullisen tutkimuksen menetelmiä käyttäen. Nyt tehdyn esiselvityksen lopullisena tavoitteena on saada koottua kattava oppimateriaalipaketti sekä selvittää mahdollisia mielekkäitä opetusmuotoja uudelle oppimateriaalipaketille.

1. Johdanto

Maaperän rikkaudet -hanke on TUKEMIA (Tutkimalla Oppii Kemiaa) -projektin alainen hanke. Sen lähtökohtana oli Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoululla vuonna 2009 opettajille järjestetty Kaivosilta, jonka aikana ilmeni, että kaivannaisteollisuuden julkinen kuva mielletään herkästi huonoksi ja että peruskoulutuksessa on niukasti käytössä materiaalia alan opetukseen. Lisäksi kasvava huoli osaavasta työvoimasta kaivannaisteollisuuden piirissä antoi sysäyksen hankkeelle. Kaivannaisteollisuus on kuitenkin kasvava teollisuudenala, joka tarvitsee osaavaa ja motivoitunutta työvoimaa tarpeisiinsa. Myös kaivannaisteollisuuden oheispalvelut ovat merkittäviä työllistäjiä niin alueellisesti kuin valtakunnallisesti. Suomessa on tällä hetkellä käynnissä 43 uutta malminetsintä- ja kaivoshanketta. Tämän vuoksi olisi hyvä, että nuoret saisivat jo peruskoulutuksessa kokonaisvaltaisen kuvan kaivannaisteollisuudesta ja alan uramahdollisuuksista.

Maaperän rikkaudet -hankkeelle tehtiin Kokkolassa järjestetyillä Kemian opetuksen päivillä (KOP Kokkola 2010) esiselvitys, jolla selvitettiin peruskoulutuksen oppimateriaalien sisällöt sekä kartoitettiin alan asiantuntijoiden näkemysten pohjalta niitä keskeisiä asioita, joita voitaisiin sisällyttää oppimateriaaliin. Esiselvitys toteutettiin opinnäytetyönä ja sen pohjalta syksyllä 2010 aloitetaan oppimateriaalin luominen ja valmistelu.

2. Kaivannaisteollisuuden toimijat

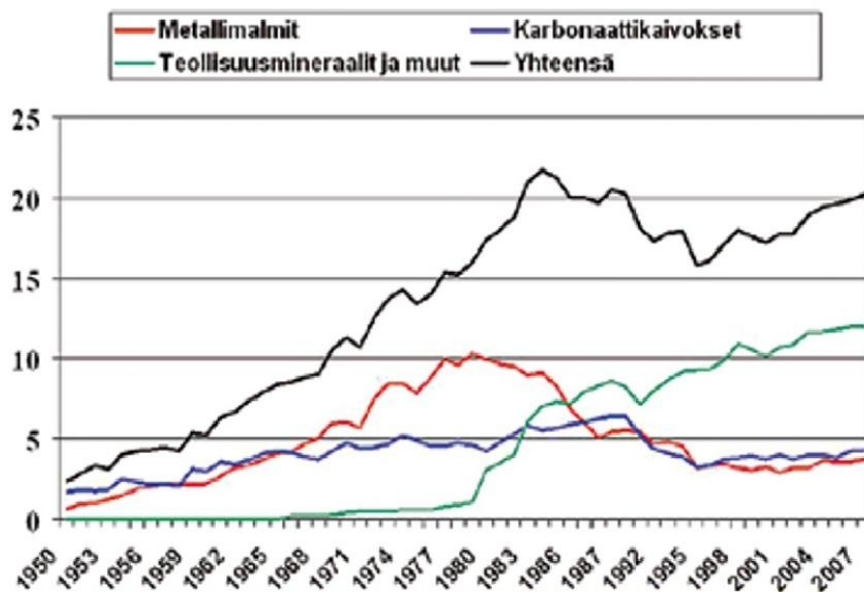
Kaivannaisteollisuuteen liittyvät tärkeimmät toimijat ovat Suomessa Geologian tutkimuskeskus GTK, Suomen kaivosteollisuus ja Suomen metallinjalostusteollisuus sekä niihin liittyvät yritykset. GTK on valtion tutkimuslaitos, jonka päätoimisena tehtävänä on tuottaa geologista tietoa yhteiskunnan ja elinkeinoelämän tarpeisiin. Tiedolla pyritään edistämään maankamaran ja sen luonnonvarojen hallittua ja kestäväää käyttöä. GTK toimii lisäksi kansallisena geologisen tiedon tietokeskuksena, ja on mukana kansainvälisissä tutkimuksissa ja projekteissa aktiivisena osajana (Geologian tutkimuskeskus A, 2010).

Geologian tutkimuskeskuksen toiminta voidaan karkeasti jakaa kahdeksi eri osa-alueeksi, toimintojen rahoituksen luonteen mukaan. GTK tekee paljon asiakastilauksia, jotka ovat useimmiten asiakkaiden rahoittamia. Asiakkaita voivat olla esimerkiksi kaivosyhtiöt, jotka haluavat tietystä alueelta tietoa maaperän rakenteesta. Maksullisten palveluiden avulla pyritään tukemaan elinkeinoelämän kilpailukykyä ja tuottamaan pohjatietoa julkishallinnolle. Toinen osa-alue on budjettirahoituksen turvin tehdyt tutkimukset. Niitä voivat olla esimerkiksi kansannäytteiden pohjalta tehdyt alue-selvitykset ja geokarttamääritykset. Kaikki Geologian tutkimuskeskuksen tekemät tutkimukset ovat rekisteröity heidän omaan tietokantaansa myöhempää käyttöä varten. (Geologian tutkimuskeskus C, 2010).

Suomen kaivosteollisuuteen kuuluu metalli-, teollisuusmineraali-, kiviaines- ja rakennuskivikaivoksia, joiden toiminta tapahtuu joko avolouhoksilla tai maanalaisissa louhoksissa. Metallikaivoksissa louhitaan malmeja, joista erilaisten jatkojalostusprosessien avulla voidaan rikastaa metalleja. Teollisuusmineraalikaivoksista louhittavaa mineraalia voidaan käyttää sellaisenaan teollisuuden tarkoituksiin. Kiviaineskaivokset puolestaan louhivat kiveä kallioperästä ja sitä voidaan käyttää murskauksen jälkeen esimerkiksi teiden rakennusaineena. Rakennuskivikaivoksilla tarkoitetaan kaivoksia, jotka louhivat luonnonkiveä rakennus- ja muistomerkkikiviteollisuuden tarpeisiin. (Hakapää & Lappalainen, 2009, 15-16.)

Suomen kaivosteollisuuden ensimmäiset kirjalliset maininnat löytyvät 1300-luvun Förbyn kalkkikaivoksesta. Ensimmäinen metallikaivos perustettiin tiettävästi 1500-luvulla, jolloin Kustaa Vaasa myönsi kaivosoikeuden Ojamon rautakaivokselle Lohjalla. 1910 löydettyä Outokummun malmiesiintymää pidetään kuitenkin merkittävänä varsinkin sodan jälkeisen teollistumisen ja teknologian kehittymisen näkökulmasta.

Kaivosteollisuus kasvoi Suomessa 1950-luvulta aina 1980-luvun loppupuolelle saakka. Vuonna 1974 Suomessa oli 22 metallikaivosta ja malminlouhinta oli suurimmillaan vuonna 1979, jolloin louhittiin yli 10 miljoonaa tonnia malmia. Suomen kaivosten kokonaislouhinta oli kuitenkin suurimmillaan vuonna 1984, silloin hyötykiveä louhittiin kokonaisuudessa 21,7 miljoonaa tonnia. Vuoden 1984 jälkeen louhintamäärät laskivat aina vuoteen 1995 saakka. 2000-luvulla kaivosteollisuus on ollut noususuhdanteessa ja uusia, merkittäviä kaivoshankkeita on vireillä (Kuvio 1).



Kuva 1. Suomen kaivosteollisuuden kokonaislouhinta 1950 - 2007 (Erkkilä, 2008, 8).

Kaivosteollisuus on noussut yhdeksi merkittävimmäksi teollisuudenalaksi 2000-luvun Suomessa. Vuonna 2007 Suomessa oli 8 metallikaivosta, joista tuotantomääriltään suurimpia olivat Pyhäsalmen sinkki-kuparikaivos ja Kemmin kromikaivos. Vuoden 2007 jälkeen on vielä avattu Talvivaaran monimetallikaivos, joka tuottaa pääasiassa nikkeliä. Vuonna 2007 Suomessa oli karbonaattikaivoksia 16, muita teollisuusmineraalikaivoksia 14 ja rakennuskivikaivoksia 9. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2008) Kaiken kaikkiaan kaivosteollisuus työllisti yli 14000 ihmistä Suomessa vuonna 2007. (Kaivannaisteollisuus ry 2009).

Tulevaisuudessa kaivosteollisuus tulee nousemaan entistä merkittävämpään asemaan. Tällä hetkellä Suomessa on vireillä useita kaivoshankkeita, jotka ovat tärkeitä myös alueellisesta näkökulmasta. Monet näistä hankkeista ovat edenneet jo pitkälle: käynnistysvaiheessa on jo esimerkiksi Pampalon kultakaivos Ilomatsissa. Muita rakennus- tai suunniteluvaiheessa olevia kaivoksia ovat Raahen Laivakankaan kultakaivos, Kevitsan nikkelikaivos, Soklin fosforikaivos, Längän litiumkaivos sekä Kolari-Pajalan rautakaivos.

Kaivosteollisuuden laajenemisen myötä myös sen taloudellinen merkitys on kasvanut Suomessa. Se on merkittävä työllistäjä, ei vain suoraan kaivoksille, vaan myös asiakasyritysten puitteissa. Lisäksi kaivosteollisuuden ja sen asiakasyritysten vienti on kasvanut suuresti viime vuosien aikana.

Metallien jalostusteollisuudella tarkoitetaan teollisuutta, joka valmistaa metalleja malmeista ja muista raaka-ainesta metallijalosteiksi. Metallijalosteita käytetään metallituoteteollisuuden ja jatkojalostuksen raaka-aineina. Metallien jalostusteollisuutta on aikaisemmin kutsuttu perusmetalliteollisuudeksi tai metallien perusteollisuudeksi. (Seppälä, Koskela, Palperi & Melanen, 2000, 11)

Suomen teollisen toiminnan voidaan katsoa alkaneen rautaruukeista 1500-luvun puolen välin jälkeen. 1800-luvulla niitä oli toiminnassa jo 60. Modernin metallijalostuksen alkuna Suomessa voidaan pitää Imatralle rakennettuja Outokumpu Oy:n kuparitehdasta ja Oy Vuoksenniska Ab:n rauta- ja terästehdasta 1930-luvulla. Toisen maailmansodan jälkeen 1950- ja 1960-luvuilla metallien jalostusteollisuus alkoi voimakkaasti monipuolistua ja kehittyä Suomessa. Outokumpu Oy perusti kuparijalostuslaitokset Poriin ja Harjavaltaan. Harjavaltaan rakennettiin myös nikkelitehdas ja samalla Kokkolaan rakennettiin kobolttitehdas ja sinkkitehdas. Tuohon aikaan Outokumpu Oy oli Suomen suurimpia metallien jalostajia. Myös Oy Vuoksenniska Ab ja Rautaruukki Oy laajensivat Outokummun ohella toimintaansa Suomessa. (Seppälä et al., 2000, 11.)

Nykyisin Suomessa valmistetaan ja jalostetaan monia eri metalleja, kuten rautaa, terästä, ferrokromia, sinkkiä, kuparia, pronssia, messinkiä, nikkelikuparia, nikkeliä ja alumiinia. Suurin osa metallien jalostusteollisuuden raaka-aineista tuodaan ulkomailta. Ainoana poikkeuksena tästä on Kemi-Tornio -akselilla toimiva Outokummun ferrokromi-metallinjalostustehdas. Tänä päivänä Suomen metallinjalostusteollisuus on pitkälle kehitettyä ja useat tehtaat ovat erikoistuneet tiettyihin hienotuotteisiin. Sen kilpailukykyisyys perustuu huippuosaamiseen ja erittäin pitkälle kehitettyihin prosesseihin, joiden hävikit ovat minimoitu. (Seppälä et al., 2000, 12-13.)

Suomelle metallien jalostusteollisuus on ollut ja on edelleen erittäin merkittävä teollisuudenala kansantaloudellisesti, työllistävyytensä vuoksi ja sillä on merkittävä osuus Suomen kokonaisviennistä. 2000-luvun vaihteessa Imatra Steel:n, Outokumpu Oyj:n ja Rautaruukki Oyj:n yhteen laskettu jalostuksen arvo oli n.1 mrd€ ja bruttoarvo oli 4,8 mrd€. Tuolloin metallinjalostusteollisuus työllisti noin 16000 henkilöä. (Metallin jalostajat ry, 2010; Seppälä et al., 2000, 14.)

3. Opetussuunnitelmat

Opetussuunnitelmien perusteiden mukaan peruskoulun kuudennen luokan jälkeen oppilaan tulisi ymmärtää ihmisen toiminnan vaikutukset ympäristöön ja ihmisen ja luonnon vuorovaikutukset maapallolla. Alakoulujen opetussuunnitelmien perusteissa ei mainita vielä mitään kaivosteollisuudesta, metallien jalostusteollisuudesta tai geologiasta. Pääosin opetus painottuu luonnon ja ympäristön tutkimiseen ja hahmottamiseen. Peruskoulun ylemmillä luokilla 7-9, otetaan maantiedossa jo huomioon geologisia ilmiöitä, kuten planetaarisuus ja maanpintaa muokkaavia tekijöitä. Kemian opetuksessa huomioidaan myös tärkeimmät maankuoresta saatavat alkuaineet ja yhdisteet, niiden valmistus, käyttö, riittävyys ja kierrätettävyys. (Opetushallitus, 2004)

Lukion opetussuunnitelmien perusteiden mukaan maantiedon ensimmäisessä kurssissa on mukana geologian puolelta aurinkokunnan synty, aurinko ja sen vaikutukset maapallolla, planetaariset liikkeet ja niistä johtuvat ilmiöt, endo- ja eksogeeniset tapahtumat maanpinnan muokkaajina ja maan rakenne. Maantiedon kolmannessa kurssissa tulee maapallon geologiset riskit. Opetussuunnitelmien perusteiden mukaan kemian neljännen kurssin opetuksessa on metallien jalostusteollisuuden puolen asioita kuten elektrolyysi. Lukion opetussuunnitelmien perusteissa ei mainita mitään kaivosteollisuuden opetuksesta. (Opetushallitus, 2003).

4. Tutkimustehtävä

Tutkimustehtävänä on selvittää Kokkolan alueen perus- ja lukiokoulutuksen opetussuunnitelmien ja opetusmateriaalien sisältöä geologiasta, kaivosteollisuudesta ja metallien jalostusteollisuudesta. Lisäksi selvitetään tulevan oppimateriaalipaketin muotoa ja käytettävyyttä eri käyttäjäryhmien näkökulmista.

5. Aineiston hankinta

Tutkimusaineisto hankittiin käyttäen puolistrukturoitua kyselymallia. Puolistrukturoidulla kyselyllä tarkoitetaan sitä, että kysely sisältää monivalintakysymyksiä ja avoimia kysymyksiä. Tutkimuksessa on ohjattuja kysymyksiä. Tässä yhteydessä ohjaaminen tarkoittaa, että kysymysten eteen on kirjoitettu kappale, jossa selitetään kysymyksen luonne ja joitain käsitteitä. (Hirsjärvi et al., 2005, 182-193)

Kyselyn laadittiin yhdessä ohjaavien opettajien Laura Rahikan ja Maija Rukajärvi-Saarelan kanssa. Kysely muodostui yhteensä 34 kysymyksestä, jotka jaettiin aihealueisiin. Kyselyyn liitettiin mukaan myös erään toisen tutkimuksen kysymyksiä yhteensä viisi kappaletta. Ensimmäisessä osassa esitettiin kysymyksiä vastaajan taustatiedoista, toisessa osassa oli kysymyksiä maaperän rikkauksien opetuksesta, kolmannessa osassa kaivosteollisuudesta, neljännessä osassa metallien jalostusteollisuudesta ja viidennessä osassa esitetään yleisiä kysymyksiä tulevan oheisoppimateriaalin muodosta. Toisen osan kysymykset toistetaan kolmannessa ja neljännessä osassa. Kysymyksiä laatiessa todettiin olevan helpompi vastata, jos eri osien kysymykset on esitetty samalla tavalla. Kysymyksillä 3-17 selvitettiin, mitä asioita eri kouluissa opetetaan maaperän rikkauksista, kaivosteollisuudesta ja metallien jalostusteollisuudesta ja miten nämä ovat sisällytetty koulutukseen. Kysymyksillä 18-22 kartoitettiin vastaajien mieltymyksiä erilaisten oheismateriaalien käytöstä sekä millaisessa muodossa vastaajat haluaisivat maaperän rikkaudet oheismateriaalin.

Kysely toteutettiin valtakunnallisilla Kemian opetuksen päivillä, jotka järjestettiin Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoululla Tekniikan ja Liiketalouden yksikössä Kokkolassa 8-9.4.2010. Kemian opetuksen päivien vierailijat koostuivat pääosin kemian ja luonnontieteiden opetuksen ammattilaisista, mutta päivillä oli myös muita kemian alan ammattihenkilöitä. Kyselyn kaavakkeita jaettiin henkilökohtaisesti vierailijoille ilmoittautumisen yhteydessä molempina päivinä. Kyselykaavakkeen jakamisen yhteydessä kerrottiin suullisesti hankkeen tarkoituksesta ja tavoitteista vastaajille, sekä samalla vastaajia opastettiin minne kaavakkeet palautetaan. Kaavakkeille oli tehty palautuslaatikko ilmoittautumisen yhteyteen ja se oli merkitty selkeästi. Vastaajille ei ollut varattu erikseen vastaamisaikaa vaan kaavakkeiden täyttäminen ja palauttaminen tapahtui Kemian opetuksen päivien aikana. Kysely jaettiin mahdollisimman monelle opetuksen ammattihenkilölle, jakamisen yhteydessä tiedusteltiin jo mahdollisilta vastaajilta minkä alan opettajia he ovat.

6. Tulokset

6.1 Kysely

Kyselytutkimus suoritettiin Keski-Pohjanmaan Ammattikorkeakoululla järjestetyillä valtakunnallisilla Kemian opetuksen päivillä. Kaavakkeita jaettiin yhteensä 35 kappaletta ja niistä palautettiin täytettyinä yhteensä 12 kappaletta eli vastausprosentti oli 34 % . Kyselyn tulokset on ryhmitelty opetettavien luokka-asteiden mukaan ja aihealueittain.

6.1.1 Alakoulujen opettajat

Kyselyyn vastanneista peruskoulun alaluokkia 1-6 opetti kaksi vastaajaa. Toinen vastaajista koki maaperän rikkaudet tärkeäksi osa-alueeksi ja oli järjestänyt oppilailleen vierailun paikalliseen luontomuseoon. Hän kertoi ottavan opetuksessa huomioon kivilajit ja niiden tunnistamisen ja kertovan maaperästä ja maapallon koostumuksesta ja kerrostumista. Maaperän rikkauksien opettamiseen hän käyttää aikaa noin 3-5 oppituntia lukuvuodessa. Toinen vastaajista taas ei kokenut maaperän rikkauksia tärkeäksi opetettavaksi osa-alueeksi ja hän kertoo käsittelevänsä maaperän rikkaudet pintapuolisesti maantiedossa.

Vastanneiden mukaan kaivosteollisuus ja sen olemassaolo ainoastaan mainitaan alakoulujen opetuksessa. Kaivosteollisuutta ei ole sisällytetty mihinkään kurssiin. Yksi vastaajista koki sen tärkeäksi opetettavaksi osa-alueeksi sen työllistävyyden vuoksi, toinen vastaajista taas ei kokenut kaivosteollisuutta tärkeäksi opetettavaksi osa-alueeksi.

Alakouluja opettavista vastaajista yksi vastaaja koki metallien jalostusteollisuuden tärkeäksi opetettavaksi asiaksi, mutta kuitenkin käsittelee sitä hyvin vähän opetuksessa. Hän mainitsee opetuksessa Kokkolan sinkkitehdas Bolidenin ja esittelee näytteenä sinkki ”pallon” tehtaalta. Toinen vastaajista ei kokenut metallien jalostusteollisuutta tärkeäksi opetettavaksi osa-alueeksi.

Kyselyyn vastanneilla alakoulujen opettajilla on olemassa oheismateriaalia opettamisen tueksi; kuten sinkkinäytteitä, valokuvia ja vanhoja kivi- ja mineraalinäytteitä. Molemmat vastaajat olivat käyttäneet erilaisia WWW-sivuja, ohjelmia ja oppimisympäristöjä ja kokivat ne käyttökelpoisiksi tukemaan oppimista. He olivat järjestäneet oppilaille teollisuusvierailuja. Maaperän rikkaudet hankkeen tuottama materiaali toivottiin olevan suunnattu oppimisympäristöksi oppilaille.

6.1.2 Perusopetuksen yläkoulujen opettajat

Kyselyyn vastanneista peruskoulun yläluokkia 7-9 opetti kuusi vastaajaa. Kaikki kuusi vastaajaa kokivat maaperän rikkaudet aihealueen tärkeäksi opetettavaksi osa-alueeksi. Kolme vastaajaa käytti aikaa maaperän rikkauksien opetukseen 1-3 oppituntia vuodessa ja kaksi vastaajaa käytti aikaa 3-5 oppituntia vuodessa. Kaikki vastaajat käsitelivät maaperän rikkauksia kemian oppitunneilla. Aihealueesta käsiteltiin seuraavia asioita: kivilajien tunnistus, malmit, mineraalit, rikastusmenetelmät, aihealueeseen liittyviä

määritelmiä ja peruskäsitteitä, mitä malmeja Suomesta on löytynyt ja mistä. Yleisesti koettiin, että maaperän rikkauksiin käytetty tuntiaika on riittävää. Jos aikaa olisi enemmän, se käytettäisiin paikallisiin löytöihin, museoihin ja hankkeisiin tutustumiseen.

Neljä vastaajaa koki kaivosteollisuuden tärkeäksi opetettavaksi aihealueeksi ja kaksi vastaajaa ei kokenut kaivosteollisuutta tärkeäksi. Kaivosteollisuuteen käytettiin yleisesti 0-3 oppituntia lukuvuodessa. Aihealueita, mitä kaivosteollisuudesta käsiteltiin, olivat muun muassa rautamalmin rikastus, raudan jalostus, sinkin jalostus, kuparin jalostus, rikastusmenetelmät, malmien tunnistus ja lyhyesti louheen käsittelystä. Kolme vastaajaa koki, että käytetty aika oli riittävää, yksi vastaaja olisi halunnut käyttää aikaa enemmän ja kaksi vastaajaa eivät olleet vastanneet kysymykseen. Jos aikaa olisi enemmän käytettävissä, niin vastaajat olisivat halunneet järjestää tutustumismatkan oppilailleen jollekin Suomen kaivokselle tai vierailijan kaivokselta.

Viisi vastaajaa koki metallien jalostusteollisuuden tärkeäksi opetettavaksi osa-alueeksi, yksi vastaaja jätti vastaamatta kysymykseen. Vastaajat käyttivät metallien jalostusteollisuuden opettamiseen 1-3 oppituntia. Metallien jalostusteollisuutta käsiteltiin yleisesti kemian oppitunneilla. Aihealueita, joita vastaajat kävivät läpi metallien jalostusteollisuudesta, olivat elektrolyysi, masuunin toiminta, rikastusmenetelmät, uutto ja raudan valmistus. Aika, mikä käytettiin opetuksessa metallien jalostusteollisuuteen, koettiin riittäväksi. Ylimääräinen aika haluttiin käyttää vierailuihin tai vierailijoihin.

Kolmella yläluokkaa opettavalla vastaajalla oli käytössään oheismateriaalia opetuksen tueksi. Oheismateriaalit olivat lehtileikkeitä, videoita, malmien tunnistusvihko, kalvosarja Suomen kaivostoiminnasta ja metalliteollisuuden julkaisema kalvosarja. Useimmat vastaajat eivät olleet käyttäneet valmiita oppimateriaalipaketteja/ sivustoja/ oppimisympäristöjä oppimisen tueksi. Vastaajat olivat kokeneet käyttökelpoisiksi WWW-sivustot, DVD-julkaisut ja Sähköiset oppimisympäristöt tukemaan oppimista. Neljä vastaajaa oli järjestänyt teollisuusvierailun oppilaille ja kaksi vastaajaa ei ollut järjestänyt. Vierailujen järjestämisen esteiksi mainittiin, ettei ollut varaa kyytien järjestämiseen. Maaperän rikkauudet -hankkeen luoman materiaalin toivottiin olevan suunnattu sekä opettajille että oppilaille. Yleisesti haluttiin, että materiaalista olisi tukea opetukseen ja asiasta erityisen kiinnostuneet oppilaat voisivat tutustua aiheeseen oppimisympäristön kautta.

6.1.3 Lukion opettajat

Kyselyyn vastanneista lukioissa opetti viisi vastaajaa. Kaikki viisi vastaajat kokivat maaperän rikkauudet tärkeäksi opetettavaksi osa-alueeksi. Neljässä koulussa aihealue oli sisällytetty jonkin kurssin sisältöön. Yleisesti maaperän rikkauksia käsiteltiin 1-3 oppitunnilla lukuvuoden aikana. Kaksi vastaajaa koki käytetyn ajan olevan riittävää maaperän rikkauksien käsittelyyn ja kolmen vastaajan mielestä aikaa voisi käyttää enemmän. Vastaajista neljä oli kemian opettajaa ja yksi maantiedon opettaja. Maaperän rikkauksista käsiteltiin vastaajien mukaan seuraavia asioita oppitunneilla: kivilajeja kemian kaavoin, malmin rikastusta, kaivostoimintaa, Suomen malmit, mineraalit, rikastaminen, jalostaminen, esiintyminen Suomen maaperässä, kivilajien synty → geologinen kierto ja endo- ja eksogeeniset prosessit maapinnan muokkaajina. Myös

lukioissa ylimääräinen aika käytettäisiin vierailuihin sekä kotiseudun maaperään tutustumiseen. Yksi vastaaja kertoi, että hänen lukiossaan on mahdollista suorittaa valinnainen metallienkemia kurssi. Kurssilla voi tutustua paremmin malmin louhintaan, rikastukseen ja jalostukseen.

Neljä vastaajaa viidestä koki kaivosteollisuuden tärkeäksi opetettavaksi alueeksi, sen ajankohtaisuuden ja tulevaisuuden näkymien vuoksi. Vastaajat käyttivät aikaa kaivosteollisuuden käsittelyyn 1-3 oppituntia lukuvuodessa. Kaksi vastaajaa ei käsitellyt aihealuetta lainkaan. Asioita, joita vastaajat kävivät läpi kaivosteollisuudesta, olivat kaivostoiminta Suomessa, teollistuminen, merkitys kansantaloudelle, murskaus, jauhatus, seulonta, louheen käsittely. Yksi vastaajista kertoi myös omia kokemuksiaan kaivoksista ja terästehtaista. Vastaajat, jotka käsitelivät kaivosteollisuutta opetuksessa, kokivat käytetyn ajan olevan riittävää ja jos heillä olisi enemmän aikaa käytössä he käyttäisivät sen vierailuihin ja vierailijoihin. Kaksi vastaajaa ei käsitellyt lainkaan kaivosteollisuutta opetuksessa ja he eivät kokeneet ajan olevan riittävää aihealueen käsittelyyn.

Kaikki viisi lukioissa opettavaa vastaajaa koki metallien jalostusteollisuuden tärkeäksi opetettavaksi alueeksi. Alueeseen vastaajat käyttivät keskimäärin 1-3 oppituntia lukuvuodessa. Yksi vastaaja ei käsitellyt metallien jalostusteollisuutta lainkaan opetuksessa lukuvuoden aikana. Aihealueesta vastaajat käsitelivät opetuksessa seuraavia asioita: teräksen valmistuksen eri vaiheet, malmista metalleiksi ja kiertoon, raudan valmistus, terästehdas, metallien jalostus, kuparin jalostus, raudan jalostus, elektrolyysi, masuuni, teräksen valu, ja karkaisu. Jos vastaajilla olisi enemmän aikaa käytettävissä opetukseen, he voisivat käyttää sen oppilastöihin, demoihin ja vierailuihin. Yleisesti koettiin kuitenkin, että käytetty aika on riittävä.

Kolmella viidestä vastaajasta oli käytössään kyselyn aihealueisiin sopivia oheismateriaaleja, näitä olivat muun muassa erilaiset ppt-esitykset, nettisivut ja ph-kalvot. Vastaajat olivat käyttäneet opetuksen tueksi erilaisia oppimisympäristöjä/ sivustoja ja oppimateriaalipaketteja, näitä olivat Liikkeelle! -oppimisympäristö, kirjakustantajien oheismateriaalit ja www-sivustot. Toimiviksi oheismateriaaleiksi vastaajat olivat todenneet kirjat, WWW-sivustot, DVD-julkaisut ja sähköiset oppimisympäristöt. Vastaajat toivoivat maaperän rikkaudet luoman oheismateriaalin olevan suunnattu opettajille sekä oppilaille. Vastaajat kuitenkin toivoivat materiaalin olevan suunnattu oppilaille, silloin sitä voisi hyödyntää paremmin opetukseen. Kaikki viisi vastaajaa oli järjestänyt oppilailleen teollisuusvierailuja.

7. Johtopäätökset ja pohdinta

Tutkimukseen vastanneiden alakoulujen opettajien mukaan kaivosteollisuus ja metallien jalostusteollisuus ei ole kovinkaan laajasti esillä opetuksessa, sen sijaan maaperän rikkauksista tuodaan esiin jotain geologian alkeita kuten kivilajit ja niiden tunnistaminen, maapallon koostumus ja kerrostumat. Alakoulujen opettajat toivoivat Maaperän rikkaudet -hankkeen materiaalin olevan suunnattu oppimisympäristöksi oppilaille.

Tutkimuksen mukaan peruskoulun yläasteella kemian opetuksessa tulee hyvin esille perusmetallien valmistus kuten kuparin, sinkin ja raudan valmistus. Kaivosteollisuudesta

opetuksessa on mukana jotain peruskäsitteitä ja rikastusmenetelmiä. Maaperän rikkauksien puolelta opetuksessa tuotiin esiin geologian perusteita kuten malmi- ja mineraalikäsitteet. Yläasteiden opettajat toivoivat hankkeen materiaalista olevan tukea opetukseen ja asiasta erityisen kiinnostuneet oppilaat voisivat tutustua materiaaliin oppimisympäristön kautta.

Tutkimustulosten perusteella lukion opetuksessa käsiteltiin geologiaa, kaivosteollisuutta ja metallien jalostusteollisuutta maantiedon ensimmäisellä kurssilla ja kemian neljännellä kurssilla. Maantiedossa aihealueita geologiasta olivat endo- ja eksogeeniset toiminnot. Kemian metallien kurssilla käytiin läpi perusmetallien valmistusta ja perinteisiä valmistusmenetelmiä. Vastaajat toivoivat materiaalin olevan suunnattu oppilaille, koska silloin se olisi helpommin hyödynnettävissä.

Tutkimuksen mukaan opetussuunnitelmien perusteista saatiin suppeasti informaatiota eri koulutusasteiden opetussisällöistä. Yhdistämällä kyselyn tuloksia opetussuunnitelmien perusteiden antamaan tietoon saatiin aikaan paljon laajempi kuva opetussisällöistä. Seuraavana vaiheena Maaperän rikkaudet hankkeessa tulee olemaan aineiston hankinta opetusmateriaalia varten. Opetusmateriaalia luodessa voitaisiin mahdollisesti käyttää apuna Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulun opiskelijoita. Ammattikorkeakoulussa on myös media-alan opiskelijoita, heiltä voitaisiin saada visuaalisia näkökantoja oppimisympäristön ulkonäköön.

Lähteet

Geologian tutkimuskeskus A. (2010). Yleisesittely. *www-dokumentti*, saatavissa: <http://www.gtk.fi/gtk/>, luettu 18.5.2010.

Geologian tutkimuskeskus C. (2010). *Palvelut*. *www-dokumentti*, saatavissa: <http://www.gtk.fi/palvelu/>, luettu 18.5.2010.

Hakapää, A. & Lappalainen, P. (2009). *Kaivos ja louhintatekniikka*. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Hirsjärvi, S. Remes, P. & Sajavaara, P. (2005). *Tutki ja kirjoita*, 11.painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Erkkilä, P. (2008). Katsaus Suomen vuoriteollisuuteen vuonna 2007. Dvd-julkaisu, kaivos ja louhintatekniikka, Kaivannaisteollisuus ry 2009.

Metallin jalostajat ry. Metallin jalostus lyhyesti –lukuja vuodelta 2009. *www-dokumentti*, Saatavissa: <http://www.teknologiateollisuus.fi/fi/ryhmat-ja-yhdistykset/kuvia-ja-tilastotietoa.html>, luettu 18.5.2010.

Opetushallitus. (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet*. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Opetushallitus. (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Seppälä, J., Koskela, S., Palperi, M. & Melanen, M. (2000). *Metallien jalostus ja ympäristö*. Helsinki: Oy Edita Ab.

Molekyyligastronomia – uusi lähestymistapa kemian opetukseen

Jenni Västinsalo¹, Maija Aksela¹ & Anu Hopia²

¹ Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

² Funktionaalisten elintarvikkeiden kehittämiskeskus, Turun yliopisto

Työtavoilla ja opetuksen kontekstilla on suuri merkitys oppilaan kiinnostuksen heräämisessä kemiaa kohtaan. Molekyyligastronomia voisi olla yksi uusi kiinnostusta tukeva lähestymistapa kemian opetukseen. Se tarkastelee ruoanlaittoon liittyviä kemiallisia ja fysikaalisia ilmiöitä luonnontieteellisestä näkökulmasta. Sen soveltaminen tuottaa muun muassa uusia ruokalajeja ja uusia tapoja laittaa ruokaa. Syksyllä 2009 aiheesta suoritettiin pilottitutkimus, joka liittyy laajempaan kehittämistutkimukseen. Pilottitutkimuksen tavoitteena oli selvittää oppilaiden asenteita molekyyligastronomian käyttöön kemian opetuksessa. Tutkimusaineisto kerättiin *survey*-tutkimuksena. Tutkimukseen osallistui 52 yläkoululaista, jotka opiskelivat kemian ilmiöitä molekyyligastronomia-työpajoissa. Tutkimus osoittaa, että tyttöjä kiinnosti kemian opiskelu em. kontekstissa enemmän kuin poikia. He pitivät oppimaansa myös hyödyllisenä arjessa. Oppilaat toivovat aiheen käsittelyä lisää kemian opetuksessa. He halusivat oppia lisää ruoanlaiton kemiallisesta perustasta, sekä tutkia miten kemian tietämyksen avulla voidaan tehdä entistä parempaa ruokaa. Tämän pilottitutkimuksen mukaan näyttäisi, että molekyyligastronomia voisi olla yksi lähestymistapa, jolla varsinkin tyttöjen heikkoa kiinnostusta kemian ja luonnontieteiden opiskelua kohtaan voitaisiin tukea. Se myös antaa mahdollisuuden monitieteiseen yhteistyöhön esimerkiksi kotitalouden ja fysiikan opettajien kanssa.

1. Johdanto

Kansainvälisen PISA -tutkimuksen mukaan suomalaiset 15-vuotiaat nuoret ovat maailman huippuja luonnontieteiden osaamisessa, mutta heidän kiinnostuksensa luonnontieteitä kohtaan on OECD-maiden heikoimpia. Erityisesti kemia on usein nuorten mielestä haasteellista ”kaavakemiaa”, joka on kaukana arkielämästä (Karjalainen & Aksela, 2008). Tyttöjen kiinnostus kemian opiskelua kohtaan on usein vielä heikompaa kuin poikien. (Miller et al., 2006) On selvä tarve uusille lähestymistavoille luonnontieteiden mielekkääseen opetukseen. Molekyyligastronomia tarjoaa uuden mahdollisuuden lähestyä luonnontieteiden ilmiöitä innostavasti hyvän ruoan kautta. Kontekstuaalinen oppiminen (Pilot & Boulte, 2006) tukee aikaisempien tutkimusten mukaan nuorten kiinnostusta luonnontieteisiin.

Kemian opetuksessa on useita haasteita. Yhtenä suurena haasteena on merkityksen saaminen opituille sisällöille. (Gilbert, 2006) Opetuksen siirtovaikutuksen on huomattu olevan heikkoa. Ongelmat pystytään ratkomaan tutuissa konteksteissa, mutta vietyä uuteen ympäristöön, ongelman ratkaisu ei onnistu. (Osborne & Collins, 2000) Oppilaiden on vaikeaa löytää itse merkityksiä yksittäisille faktoille. Oppilaat eivät koe kemiaa relevanttina eivätkä tiedä miksi heidän tulisi opiskella sitä. Liittämällä kemian opetuksen mielekkääseen arkipäivästä tuttuun kontekstiin, kuten ruokaan ja ruoanlaittoon, voidaan kemian opetuksen haasteisiin vastata. (Gilbert, 2006)

Kontekstuaalisella oppimisella tarkoitetaan opetusta, jossa tieteen sovellukset ja arkiset asiayhteydet ovat lähtökohtana tieteellisille käsitteille ja ideoille. (Bennet et al., 2006) Ruoanlaittoa ja hyvää ruokaa voidaan käyttää kemian opetuksen lähtökohtana kontekstuaalisessa opetuksessa. Kontekstuaalisen opetuksen tavoitteena on oppilaalle tutuilla asiayhteyksillä kasvattaa kiinnostusta kemian oppimiseen auttamalla heitä näkemään opittavan asian merkitys omassa elämässään. (Bennet et al., 2006) Monet tutkimukset osoittavat, että kontekstin käyttö opetuksessa lisää oppilaiden kiinnostusta kemian oppimista kohtaan ja auttaa heitä näkemään kemian tiedon yhteyden arkielämään. (Bennet, 2003; Bennet et al., 2006) Oppilaan ollessa kiinnostunut opiskeltavasta sisällöstä, myös oppimistulokset paranevat. (Ainley & Berndorff, 2002; Osborne & Collins, 2003)

Kemian opetus tänään -tutkimuksen mukaan opettajat tarvitsevat erityisesti arkielämään liittyvää täydennyskoulutusta (Karjalainen & Aksela, 2008). Aiheesta on viimeisen vuoden aikana pidetty täydennyskoulutuslentoja kemian opettajille, keskiasteen opettajille ja kotitalousopettajille. Molekyyligastronomia opetuksessa -koulutus on saanut suuren suosion ja tarve tämän alueen kehittämiseen opetuksessa on havaittavissa. Myös Kemiaa keittiössä -verkko-oppimateriaalin (Makkonen & Aksela, 2006) tapaista materiaalia toivotaan lisää.

2. Molekyyligastronomia

Molekyyligastronomia on uusi lähestymistapa käsitellä ruokaa, gastronomiaa ja ruoanlaittoa tieteellisesti. Molekyyligastronomian avulla tarkastellaan ruoanlaittoa kemiallisten reaktioiden ja fysikaalisten ilmiöiden kautta, jolloin ruoan laiton ja kypsymisen prosessia voidaan ilmaista luonnontieteen keinoin. Molekyyligastronomia on noin 20 vuotta vanha termi. Vuonna 1989 ranskalainen Hervé This ja Oxfordin yliopiston fysiikan professori, alun perin unkarilainen Nikolas Kurti esittivät, että ruoanvalmistus ja gastronomia ansaitsevat nousta itsenäiseksi luonnontieteelliseksi tutkimuskohteeksi. (This, 2009)

Molekyyligastronomiiaa sovelletaan kansainvälisesti hyvin laajasti aina varhaiskasvatuksesta elintarviketeollisuuden tuotekehitykseen saakka. Laajinta molekyyligastronomian soveltaminen on Ranskassa, jossa alan toinen perustaja Hervé This toimii aktiivisesti yhteiskunnan eri sektoreilla. Hänen mukaansa molekyyligastronomiasta kiinnostuneet voidaan jaotella kolmeen ryhmään: kokit ja ruoasta kiinnostunut suuri yleisö, opiskelijat eri aloilta (esim. kemian, biokemian ja fysiikan) sekä tutkijat ja elintarviketeollisuuden tuotekehittäjät. (This, 2006).

2.1 Molekyyligastronomia ja kemian opetus

Työturvallisuuden säilyttämiseksi kouluopetuksessa ei voida käyttää läheskään kaikkia laboratorioden tavallisiakin kemikaaleja. Ruoka-aineet tarjoavat turvallisen ja mielekkään tavan tutkia kemiallisia ilmiöitä ja reaktioita. Iso-Britanniassa molekyyligastronomiiaa on alettu soveltaa kouluissa kemian opetuksen kontekstina rohkaisevin tuloksin. (Barham et al., 2010) Tunnit ovat sisältäneet esimerkiksi suolan käyttöä ruoanlaitossa, jonka avulla on tutustuttu seuraaviin kemian ilmiöihin: kiehumispisteen muutos, titraus, värireaktiot sekä

ionit. Jäätelön kemian avulla on opetettu olomuotoja ja niiden muutoksia sekä kiteytymistä. (Barham et al., 2010)

Miles & Bachman (2009) ovat soveltaneet molekyyligastronomia asiayhteyttä kemian opetukseen toteuttamalla yhden lukukauden kestävän kurssin opiskelijoille, joilla kemia ei ollut pääaineena. Kurssin vastaanotto oli positiivinen ja innostunut.

3. Tutkimus

Tämä tutkimus on pilottitutkimus osana suurempaa kehittämistutkimusta, jonka tavoitteena on tutkia molekyyligastronomia asiayhteyden käytön vaikutuksia kemian opetuksessa sekä toteuttaa opettajille kolmivuotinen koulutusprojekti. Pilottitutkimuksen tavoitteena oli selvittää 7-9- luokkalaisten oppilaiden kiinnostusta kemian opetuksen ja molekyyligastronomian yhdistämiseen sekä kartoittaa, millaiset aiheyhteydet oppilaita molekyyligastronomia kontekstissa kiinnostavat.

3.1 Tutkimuskysymykset

Tutkimusta ohjasi kaksi tutkimuskysymystä:

1. Kuinka kiinnostavana oppilaat kokevat molekyyligastronomian käytön kemian oppimisessa?
2. Millaiset asiayhteydet oppilaita kiinnostavat molekyyligastronomiiaa hyödyntävässä kemian oppimisessa?

3.2 Tutkimuksen toteutus

Tutkimus suoritettiin syksyllä 2009 Seinäjoen lyseossa kyselytutkimuksena. Osallisena oli 52 7-9 -luokan oppilasta, joista 26 oli tyttöjä ja 26 poikia. Oppilaat osallistuivat molekyyligastronomiapajoihin, jonka jälkeen he vastasivat kirjallisesti kyselylomakkeeseen. Kyselytutkimus tehtiin kontrolloituna kyselytutkimuksena (Cohen et al., 2009), joka mahdollistaa vastaajalle tarkentavien kysymysten esittämisen tutkijalta. Tämä parantaa vastausten luotettavuutta. Kyselylomake koostui kysymyksestä, jossa ilmaistiin vastaajan sukupuoli, kolmesta suljetusta kysymyksestä ja avoimesta kysymyksestä. Suljetuissa kysymyksissä oppilaita pyydettiin arvioimaan samanmielisyyttään väittämien kanssa. Samanmielisyyden arvioinnissa käytettiin viisiportaista Likert-asteikkoa (Hirsjärvi et al., 2009), jossa 1= en ole lainkaan samaa mieltä, 2= olen jokseenkin eri mieltä, 3= en ole samaa enkä eri mieltä, 4= olen jokseenkin samaa mieltä, 5= olen täysin samaa mieltä. Avoimessa kysymyksessä oppilaita pyydettiin mainitsemaan asioita, joita he haluaisivat pajojen jälkeen oppia lisää.

Suljetuista kysymyksistä analysoitiin vastausten frekvenssit ja korrelaatiot. Asialliset avoimien kysymysten vastaukset analysoitiin aineistolähtöisellä sisällön analyysillä sekä luokiteltiin käyttäen aineistopohjaista teoriaa (eng. grounded theory) (Cohen et al., 2009).

Syntyneet luokat nimettiin luokkia kuvaileviksi. Luotettavuuden parantamiseksi luokittelu tehtiin toiseen kertaan puolen vuoden kuluttua.

3.3 Tutkimusta varten kehitetyt molekyyli-gastronomiapajat

Tutkimusta varten kehitettiin 7-9- luokkalaisille viisi molekyyli-gastronomia pajaa. Pajoja suunniteltiin kahdenlaisia: kemian luokassa toteutettavia ja kotitalousluokassa toteutettavia. Kemian luokassa tehtävissä pajoissa tutkittiin valkuaisvaahdon ominaisuuksia ja tutkittiin sanonnan ”maito pilaantuu ukkosella” todenperäisyyttä. Maito- ja valkuaisvaahtopajoissa kokeellinen tutkiminen erilaisia kemian työtapoja käyttäen oli avainasemassa. Kotitalousluokassa suoritettavissa pajoissa valmistettiin hiilidioksidijääsorbettia, sinappivaahtoa ja porkkanakaviaaria. Pyrkimyksenä oli valmistaa uusia ruokalajeja kemian tietojen pohjalta ja arvioida tuloksia aistinvaraisesti. Pajojen kautta opittavia kemian sisältöjä olivat liukoisuus, emulsio, olomuodonmuutos ja kaasut.

4. Tulokset

Kyselylomakkeen suljetuilla kysymyksillä tutkittiin, kuinka kiinnostavana oppilaat kokevat molekyyli-gastronomian käytön kemian opetuksen kontekstina. Vastajat arvioivat samanmielisyyttään väittämien ”Molekyyli-gastronomia on kiinnostavaa”, ”Kemian opiskelu molekyyli-gastronomian avulla on kiinnostavaa” ja ”Molekyyli-gastronomiasta on minulle hyötyä arjessa” kanssa viisiportaisen Likert-asteikon (Hirsjärvi et al., 2009) avulla. Vastaukset analysoitiin kvantitatiivisesti ja niistä määritettiin tyyppi-arvo ja hajonta. Kaikkien väittämien tyyppi-arvo oli 3. Taulukoissa 1, 2 ja 3 on esitetty vastausten frekvenssit.

Taulukko 1. Väitteen ”Molekyyli-gastronomia on kiinnostavaa” frekvenssi.

		Sukupuoli		
		Tyttö	Poika	Yhteensä
Molekyyli-gastronomia on kiinnostavaa	En ole lainkaan samaa mieltä	3	2	5
	Olen jokseenkin eri mieltä	4	4	8
	En ole samaa enkä eri mieltä	8	14	22
	Olen jokseenkin samaa mieltä	11	6	16
Yhteensä		26	26	52

Khi²= 3,836, d= 4, p> 0.05

Taulukko 2. Väitteen ”On kiinnostavaa opiskella kemiaa molekyyligastronomian avulla” frekvenssit.

		Sukupuoli		
		Tyttö	Poika	Yhteensä
On kiinnostavaa opiskella kemiaa molekyyligastronomian avulla	En ole lainkaan samaa mieltä	2	5	7
	Olen jokseenkin eri mieltä	3	3	6
	En ole samaa enkä eri mieltä	12	15	27
	Olen jokseenkin samaa mieltä	9	3	11
Yhteensä		26	26	52

$\chi^2 = 4,892$, $df = 4$, $p > 0,05$

Taulukko 3. Väitteen ”Molekyyligastronomiasta on minulle hyötyä” frekvenssit.

		Sukupuoli		
		Tyttö	Poika	Yhteensä
Molekyyligastronomiasta on minulle hyötyä	En ole lainkaan samaa mieltä	4	5	9
	Olen jokseenkin eri mieltä	4	6	10
	En ole samaa enkä eri mieltä	13	9	22
	Olen jokseenkin samaa mieltä	5	6	11
Yhteensä		26	26	52

$\chi^2 = 1,329$, $df = 3$, $p > 0,05$

Tyttöjen asenne molekyyligastronomiasta kohtaan oli hieman positiivisempaa kuin poikien. Tytöt kokivat molekyyligastronomian kiinnostavampana kuin pojat. 17 vastaajaa ilmaisi kiinnostuksensa olevan melko voimakasta. Näistä 11 oli tyttöjä. Oppilaista 12 koki olevansa jokseenkin samaa mieltä väitteen ”Kemian opiskelu molekyyligastronomian avulla on kiinnostavaa” kanssa, joista 9 oli tyttöjä. Tytöt myös kokivat molekyyligastronomian poikia merkityksellisempänä arjessaan. Väitteeseen ”molekyyligastronomiasta on minulle hyötyä arjessa” samanmielisyyttään nelosella arvioineista kaikki olivat tyttöjä. Tuloksia ei kuitenkaan voi yleistää.

Suljettujen kysymysten korrelaatiot määritettiin. ”Molekyyligastronomia on kiinnostavaa” ja ”molekyyligastronomiasta on minulle hyötyä arjessani” välillä on melko merkittävä positiivinen yhteys (Taulukko 4).

Taulukko 4. Väitteiden ”Molekyyligastronomia on kiinnostavaa” ja ”molekyyligastronomiasta on minulle hyötyä arjessani” korrelaatio.

		Molekyyligastronomia on kiinnostavaa	Molekyyligastronomiasta on minulle hyötyä
Molekyyligastronomia on kiinnostavaa	Pearson Correlation	1	,577**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	52	52
Molekyyli- gastronomiasta on minulle hyötyä	Pearson Correlation	,577**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	52	52

**. Korrelaatio on merkitsevä merkitsevyystasolla 0.01

Oppilaat vastasivat kirjallisesti avoimeen kysymykseen, jolla pyrittiin selvittämään, mitä oppilaat haluaisivat oppia molekyyligastronomian avulla. Asianmukaisia vastauksia oli 40. Vastaukset luokiteltiin ja aineistosta nousseet luokat nimettiin luokkaa kuvailevaksi. Luokittelu tehtiin ensin kahteen luokkaan, joissa eroteltiin kiinnostus tiedon saantiin ja kiinnostus itse tutkimiseen ja tekemiseen. Näihin luokkiin jaotellut vastaukset luokiteltiin edelleen oppilaiden ensisijaisesti mainitseman kiinnostuksen kohteen mukaisesti. Taulukossa 5 on esitetty syntyneet luokat, hajonnat sekä esimerkkivastaukset.

Taulukko 5. Oppilaita kiinnostavat aihealueet molekyyligastronomian kontekstissa.

Luokka	f	Esimerkkivastaus
MOLEKYYLIGASTRONOMIA KIINNOSTAA YLIPÄÄTÄÄN	6	”Pajat herättivät minussa mielenkiintoa ja kokeilunhalua. Haluaisin oppia lisää molekyyligastronomiasta.” (Vastaaaja 34) ”Haluaisin oppia lisää kyseisestä aiheesta.” (Vastaaaja 29)
RUOKAMYYTTIEN TUTKIMINEN	3	”Muiden myyttien todenperäisyyttä.” (Vastaaaja 15) ”Myytistä limsa ja mentos yhdessä. Tapahuuko niin kuin aina sanotaan.” (Vastaaaja 20)
RUOANVALMISTUKSEN TIETEELLINEN TAUSTA	18	”Miten porkkanakaviaarissa se porkkanamehuseos pysyy pallona kalsiumkylvyssä.” (Vastaaaja 40) ”Miksi sinapin pystyi vaahdottamaan?” (Vastaaaja 37)
RUOAN JA RUOANLAITON KOKEELLINEN TUTKIMINEN	5	”Ruoan tieteellisistä kokeista, haluaisin itse päästä enemmän katsomaan ja tekemään testejä. Hyvä testi oli maidon pilaantuminen ukkosella.” (Vastaaaja 5) ”Kuinka pystyy tekemään noita kokeita kotona?” (Vastaaaja 17)
RUOAN VALMISTAMINEN MOLEKYYLIGASTRONOMIAN AVULLA	8	”Haluaisin oppia lisää erikoisten ruokien valmistusta.” (Vastaaaja 51) ”Miten kemia ja kotitalous liittyvät toisiinsa.” (Vastaaaja 52)

Oppilaita kiinnostaa vastauksien perusteella selvästi ruoanlaiton ilmiöiden selittäminen tieteen keinoin. 18 vastauksessa ilmaistiin halu tietää lisää ruoanlaiton tieteellisestä taustasta. Viidessä vastauksessa ilmaistiin selkeästi halu tutkia kokeellisuuden avulla ruokaa ja ruoanlaittoa. Molekyyligastronomiassa kiinnosti myös uusien ruokalajien valmistaminen tieteellisen tiedon pohjalta. Kuudessa vastauksessa ilmaistiin, että molekyyligastronomia itsessään on kiinnostavaa. Kolme oppilasta oli kiinnostunut tutkimaan ruokaan liittyvien uskomuksien ja perinnetietojen todenperäisyyttä.

5. Johtopäätökset

Molekyyligastronomia aiheysteys koettiin kiinnostavuudeltaan enimmäkseen neutraaliksi tai jokseenkin kiinnostavaksi. 52 vastaajasta 22 koki molekyyligastronomian neutraalina ja 17 koki kiinnostuksen melko voimakkaana. Viisi vastaajaa ei pitänyt molekyyligastronomia kontekstista lainkaan. Tytöt kokivat voimakkaampaa kiinnostusta molekyyligastronomiasta ja kemian opiskelua sen kontekstissa kohtaan kuin pojat. Tytöt myös näkivät molekyyligastronomian hyödyllisenä arjessaan voimakkaammin kuin pojat. Molekyyligastronomian käyttö kemian opetuksessa saattaa vaikuttaa positiivisesti erityisesti tyttöjen heikkoon kiinnostukseen kemian opiskelua kohtaan. Tämä tukee aiempien tutkimuksien tuloksia, joissa tytöt kokevat usein elämään, terveyteen ja ruokaan liittyvät aiheuhteudet luonnontieteiden opiskelussa kiinnostavammiksi kuin pojat. (Lavonen et al., 2005)

Tämän tutkimuksen otos on pieni, joten tuloksia ei voida yleistää. Kuitenkin tutkimus antaa viitteitä, että molekyyligastronomia saattaisi olla lähtökohta, jolle kemian opetusta kannattaa lähteä rakentamaan. Tuloksista ilmeni, että molekyyligastronomiasta kiinnostavana pitävät oppilaat näkivät sen myös merkityksellisenä arjessaan. Tämä tukee kontekstuaalisen oppimisen tavoitetta kasvattaa kiinnostusta kemian opiskelua kohtaan sekä auttaa oppilasta näkemään kemian merkityksen arjessa. (Bennet et al., 2006)

Tämä pilottitutkimus antaa suuntaa, millaisia asiayhteyksiä molekyyligastronomiasta hyödyntävässä kemian opetuksessa voisi olla perusteltua käyttää. Oppilaat halusivat oppia lisää ruoanlaiton tieteellisestä taustasta. Heitä kiinnostaa erityisesti miksi ruoanlaiton ilmiöt tapahtuvat kuten tapahtuvat. Myös uusien ja erikoisten ruokalajien valmistus kemian tietojen pohjalta kiinnostaa oppilaita. Molekyyligastronomia on asiayhteys, jota kannattaa kehittää kemian opetuksen kontekstina sekä tuottaa materiaalia, joka tukee kemian oppimista ja kiinnostusta. Molekyyligastronomia on potentiaalinen konteksti oppiaineiden väliseen yhteistyöhön. Tuloksien mukaan oppilaat haluaisivat oppia lisää mm. ruoanlaiton tieteellisestä taustasta sekä oppia valmistamaan uusia ruokalajeja tieteellistä tietoa hyväksi käyttäen. Tähän tarpeeseen vastaamaan molekyyligastronomian avulla voidaan luoda hedelmällisiä yhteyksiä mm. kemian, fysiikan ja kotitalouden välille. Jatkossa on tarkoitus tutkia tämän kehittämistutkimuksen myötä oppilaiden ajattelu- ja argumentointitaitoja ja niiden kehittymistä, kun molekyyligastronomiasta käytetään kemian opetuksen kontekstina.

Lähteet

- Ainley, M., Hidi, S. & Berndorff, D. (2002). Interest, Learning, and the Psychological Processes That Mediate Their Relationship. *Journal of Educational Psychology*, 94(3), 545-561.
- Barham, P., Skibsted, L. H. Bredie, W. L. P. Frøst, M. B., Møller, P. Risbo, J, Snitkjær, P, Mortensen, L. M. (2010). Molecular Gastronomy: A New Emerging Scientific Discipline. *Chemical Reviews*, In press.
- Bennett, J. (2003). *Context-based approaches to the teaching of science. In Teaching and learning science*. London, UK: Continuum.
- Bennett, J., Lubben, F. & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), 347-370.
- Edelson D. (2002). Design Research: What We Learn When We Engage in Design, The *Journal of The Learning Sciences*, 11(1), 105-121.
- Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of "Context" in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2009). *Tutki ja kirjoita*. Helsinki: Tammi.
- Karjalainen, V. & Aksela, M. (2008). *Kemian opetus tänään: nykytila ja haasteet Suomessa*. Helsinki: Kemian opetuksen keskus, Helsingin yliopisto, Yliopistopaino.
- Lavonen, J., Juuti, K., Uitto, A. & Meisalo V. (2005). Attractiveness of Science Education in the Finnish Comprehensive School. Kirjassa A. Manninen, K. Miettinen, & K. Kiviniemi (toim.), *Research Findings on Young People's Perceptions of Technology and Science Education. Mirror results and good practice*. (s. 5-30). Helsinki: Technology Industries of Finland.
- Makkonen, M. & Aksela, M. (2006). Kemiaa keittiössä -verkkomateriaali. Kemian opetuksen keskus, kemian laitos, Helsingin yliopisto.
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/liitteet/Keittionkemiaamoniste.pdf>, luettu 1.12.2010.
- Miles, D. T. & Bachman, J. K. (2009). Science of food and cooking: A non-science majors course. *Journal of Chemical Education*, 86(3), 311-315.
- Miller, P. H., Blessing, J. & Schwartz, S. (2006). Gender Differences in High-school Students' Views about Science. *International Journal of Science Education*, 28(4), 363-381.
- Osborne, J., & Collins, S. (2000). Pupils' and parents views of the school science curriculum. London, UK: King's College
- Pilot, A. & Bulte, A. (2006). The Use of "Contexts" as a Challenge for the Chemistry Curriculum: Its successes and the need for further development and understanding. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1087-1112.
- This, H. (2009). Molecular Gastronomy, a Scientific Look at Cooking. *Accounts of Chemical Research*, 42(5), 575-583.

This, H. (2006). Cours de Gastronomie moléculaire De l'expérience au calcul.
http://www.inra.fr/la_science_et_vous/apprendre_experimenter/gastronomie_moleculaire/cours, luettu 21.1.2010.

Nanotieteen kurssi lukiolaisille aineenopettajaopiskelijoiden avulla

Anssi Lindell, Anna-Leena Latvala & Jouni Viiri
Nanokoulu, Opettajankoulutuslaitos, Jyväskylän yliopisto

Seitsemän Jyväskylän yliopiston aineenopettajaopiskelijaa suunnitteli ja toteutti opetuksellisen rekonstruktion mallilla nanotieteen kurssin 20 Normaalikoulun lukiolaisille osana omaa opetusharjoitteluaan. Kurssi koostui kolmesta nanotieteen tutkijan pitämästä poikkitieteellisestä asiantuntijaluennosta ja neljästä kokeellisesta arkipäivän ilmiöitä käsittelevästä tutkimuksesta. Lukiolaisten nanotiedettä koskevia ennakkokäsityksiä selvitettiin esitestillä ennen kurssin alkua ja oppimista mitattiin vertaamalla kahden esitestin kysymyksen vastauksia jälkitestin vastauksiin. Esitestikysymykset käsitelivät pisarakoon ja kerrospaksuuden vaikutusta nanokokoiseen aineen ominaisuuksiin, DNA-tunnistusta, öljykalvon paksuuden määrittystä ja nanoteknologian kaupallisia tuotteita. Jälkitestin vertailukysymykset koskivat öljykalvon värejä ja paksuuden mittausta. Lukiolaiset osasivat ennakkoon hyvin nimetä kaupallisia nanoteknologian tuotteita, saaden tehtävästä kurssin keskiarvoksi 68 % maksimipisteistä. Sen sijaan nanokokoiseen aineeseen liittyvistä ilmiöistä kurssi sai keskiarvon 44 % maksimipisteistä ja nanotieteen menetelmistä vain keskiarvon 34 %, esitestin kokonaissaavutuksen ollen 45 % maksimipisteistä. Öljykalvoa koskevista kysymyksistä kurssi sai ennakkoon 29 % maksimipisteistä. Jälkitestin tulos, kurssin keskiarvo 57 % maksimipisteistä, antaa oppimisen edistymiselle tunnusluvun $G = 40$ %.

1. Johdanto

Nanotieteen opettaminen jo peruskoulu- ja lukiotasoilla on pitkällä tähtäimellä taloudellisesti kannattavaa toimintaa. OECD:n tuoreessa raportissa (Palmborg, Dernis & Miguet, 2009) ennustetaan työpaikkojen nanoteknologiaa hyödyntävissä yrityksissä lisääntyvän maailmanlaajuisesti kahdella miljoonalla vuoteen 2015 mennessä ja nanoteknologiatuotteiden markkina-arvo tulee olemaan silloin yli 1000 miljardia dollaria. Suomessa Tekesin ja Spinversen (2009) laatima, vastaava ennuste vuodelle 2013 on 11 000 työpaikkaa ja markkina-arvo 1,3 miljardia euroa. Aktiivisia nanoteknologian yrityksiä meillä oli vuonna 2008 saman tutkimuksen mukaan jo 202 kappaletta, kun vuonna 2004 niitä oli vain 61. Yritykset työllistivät vuonna 2008 n. 2 900 ammattilaista, ja 65 yritystä tuotti kaupallisia sovelluksia. Yrityksillä on kuitenkin toiveita koulutukselle. Sitä kartoittaneessa tutkimuksessa (Singh, 2007) selvisi, etteivät yritykset tarvitse ainoastaan kapea-alaisia nanotieteen osaajia. Esimerkiksi paperi- ja tekstiilialan töihin toivottiin kipeästi sellaisia omien alojensa ammattilaisia, jotka ymmärtävät vielä lisäksi nanotiedettä.

Nämä tulevaisuudennäkymät huomioon ottaen on peruskouluissa ja lukiossa selvä tarve sisällyttää luonnontieteisiin myös nanotieteen ymmärrystä. Tekemämme verkkokyselyn perusteella (julkaistaan myöhemmin) mukaan opettajat eivät kuitenkaan koe omia eivätkä koulunsa valmiuksia nanotieteen opettamiseen hyviksi. 90 prosentin käyttämä oppimateriaali ei tue nanotieteen sisältöjen opetusta lainkaan tai tukee sitä vain huonosti. Opettajia kuitenkin kiinnostaisi sisällyttää uusia asioita opetukseensa, ja nanoaiheisesta täydennyskoulutuksesta on kiinnostunut 80 prosenttia luonnontieteen opettajista.

Luonnontieteen opiskelun pitää olla motivoivaa. ROSE-tutkimuksen mukaan Suomessa tyttöjä kiinnostivat erityisesti poikkitieteelliset, esimerkiksi ihmisen biologiaan ja fysiikkaan yhtäläisesti liittyvät aiheet ja poikia teknologian sovellukset (Lavonen, Byman, Juuti, Meisalo & Uitto, 2005) – molemmat nanotieteeseen läheisesti liittyviä sisältöjä. Kiinnostusta erityisesti nanotieteeseen selvittäneessä tutkimuksessa (Hutchinson, Shin, Stevens, Yunker, Delgado, Giordano & Bodner, 2007) havaittiin, että oppilaiden kiinnostus vaihteli nanoaiheiden välillä suurestikin, esimerkiksi sukupuolen mukaan. Kuitenkin oppilaat olivat yleisesti kiinnostuneita nanotieteestä ja mahdollisuus tutkia aihetta kokeellisesti oli kaikille kiinnostusta selvästi lisäävä tekijä. Opetushallituksen teettämän Tulevaisuuden koulu –tutkimuksen mukaan (Lähdeniemi & Jauhiainen, 2010) peruskoululaiset toivovat oppitunneille "uusien asioiden oppimista sitä mukaa kun teknologia kehittyy" ja "yhteiskunnallisen vastuun oppimista". Nanotieteen opiskelu toteuttaa molemmat toiveet.

1.1 Nanotiede ja opetussuunnitelma

Nanotieteellä ei tarkoiteta perinteistä luonnontiedettä tiedettä pienessä mittakaavassa vaan aineet käyttäytyvät pieninä määrinä - ohuina pintoina, kapeina lankoina tai pieninä hippuina - eri tavalla kuin suurissa kokoluokissa. Opetussuunnitelmissa luonnontieteet on jaoteltu eri oppiaineiksi: biologia, fysiikka ja kemia, näiden tieteenalojen erityispiirteiden perusteella. Kunkin tieteenalan ydinajatuksat määrittävät niiden keskeiset käsitteet ja menetelmät joita tiedeyhteisö käyttää kommunikaatiossa kuvattaessa ja ennustettaessa tutkimustuloksia. Nanotieteen ydinajatuksat eivät keskity yksittäisiin tieteenaloihin, vaan edellä mainittuun pienen koon mukanaan tuomiin erilaisiin ilmiöihin. Kesäkuussa 2006 Yhdysvaltojen kansallinen tiedesäätiö (NSF) järjesti kokouksen määrittelemään nanotieteen ydinajatuksat yläkoululaisille (luokat 7-12). Tulokseksi saatiin yhdeksän ydinajatuksen lista (Stevens & Krajcik, 2007) opetussuunnitelmien oppimistavoitteiden, työtapojen, arvioinnin ja opettajien koulutuksen perusteiksi:

1. Aineen rakenne,
2. Voimat ja vuorovaikutukset,
3. Itsejärjestyvyys,
4. Tutkimusvälineet,
5. Mittakaava,
6. Kvantti-ilmiöt,
7. Koosta riippuvat ominaisuudet,
8. Mallinnus ja
9. Tiede, teknologia ja yhteiskunta.

Näiden ydinajatuksien puitteissa nanotieteitä tutkiva koululainen pääsee soveltamaan ja yhdistämään tuttuja luonnontieteiden lainalaisuuksia uusilla tavoilla ja tarkistamaan käsityksiään arkimaailman ja koulufysiikan mallien rajoista.

Kokeellisuutta painotetaan lukion opetussuunnitelman perusteissa biologian, fysiikan ja kemian oppimistavoitteissa ja keskeisissä sisällöissä (Opetushallitus, 2003). Molemmat opetussuunnitelmien perusteet nojaavat tukevasti Hodsonin (1993) luonnontieteen opettamisen kolmeen pääteemaan: kehittää oppilaiden kykyä hankkia tietoa luonnosta, ymmärtää tieteellisiä käsityksiä ja ymmärtää tieteentekijöiden tapoja tutkia luontoa.

Tutkiva oppiminen on luonnontieteissä menestyksellisesti (National research council, 2000) käytetty työtapana, jossa opitaan tutkijan tavoin. Siinä tutkitaan luontoa ja ehdotetaan perustellusti selityksiä havaituille ilmiöille sekä laaditaan ennusteita siitä, mitä tapahtuu jos jokin muuttuu. Nanotiedettä on helppo sisällyttää opetussuunnitelman luonnontieteen sisältöihin käytännön tutkimuksien avulla. Silloin ei vaadi erillisiä tuntikokonaisuuksia opetussuunnitelman ulkopuolelta.

Perusopetuksen opetussuunnitelmien perusteissa mainittuun käsitykseen fysikaalisen tiedon luonteesta kuuluu oleellisesti muiden vertaistutkijoiden näkemysten kuuleminen ja huomioonottaminen jokaisessa tutkimuksen vaiheessa. Tämä kehittää kaikkien osapuolten – niin tutkijoiden kuin arvioijien – kykyä puolustaa ja perustella erilaisia tieteellisiä näkemyksiään. Koululaiset ajattelevat usein luonnontiedettä opittavina faktoina, joihin ei ole vastaan sanomista. Uusi ja outo nanotiede tarjoaa herkkuisen mahdollisuuden päästä ulos tästä oppikirjojen pönttämiskulttuurista. Kaikki ei ole aina sitä, miltä näyttää. Mahdollisuudet voivat olla samanaikaisesti myös uhkia. Tieteellinen konsensus voidaan saavuttaa vain huolellisen ja kaikki seikat huomioonottavan vuorovaikutteisen analyysin päätelmänä. Tässä artikkelissa kuvatussa nanokurssin suurena tavoitteena oli päästä aitoon tieteelliseen vuorovaikutukseen kurssilaisten, ohjaavien aineenopettajajarjoittelijoiden, Normaalikoulun opettajien, opettajakouluttajien ja asiantuntijaluentoistijoiden kesken.

2. Nanotieteen kurssi lukiolaisille

Jyväskylän yliopiston luonnontieteiden aineenopettajajarjoittelijat suunnittelivat ja toteuttivat nanotieteen kurssin lukiolaisille keväällä 2010 (Nanokoulu, 2010). Kurssi oli koko kaupungin lukioden yhteiseltä kurssitarjottimelta vapaasti valittavana valinnaiseksi fysiikan kurssiksi ja sitä mainostettiin lukioden opettajille sähköpostitse. Lopulta kurssille osallistui Normaalikoulun lukion opiskelijoita kaikilta kolmelta vuosikursilta.

Kurssin ohjaajiksi valikoitui vapaaehtoisperusteella seitsemän fysiikan aineenopettajajarjoittelijaa. Kurssin suunnittelussa käytettiin opetuksellisen rekonstruktion mallia, jossa opettaja tutkii opetettavan aiheen sisältöjä ja pedagogiikkaa ja rakentaa tuloksista pedagogista sisältötietoa (Duit, 2006). Suunnittelu aloitettiin etsimällä nanotieteeseen liittyviä tuotteita, uutisia ja julkaisuja. Seuraavassa vaiheessa opiskelijat analysoivat näiden sisältöjä ja tutkivat niihin liittyviä tieteellisiä käsityksiä. Käsityksistä valittiin nanotieteelle ominaiset johdannossa kuvatussa ydinajatuslistan avulla. Niiden pohjalta suunniteltiin sitten opetettava sisältö tekemällä yksinkertaistettuja malleja ja soveltamalla niitä oppilaalle tuttuihin yhteyksiin.

Kurssin organisoinnissa päädyttiin tiedemiesmäiseen työtapaan (Schwab, 1960), tieteenaloja yhdistäviin asiantuntijaluentoisiin ja kokeellisiin tutkimuksiin. Kurssin rakenne on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Kevään 2010 lukion nanokurssin ohjelma.

Luento 1 (1h)	Nanopartikkelien solubiologinen tutkimus
Luento 2 (1h)	Laskennallisten menetelmien soveltaminen nanotieteissä
DNA-tunnistus (3h)	Kuinka DNA-tunnistus toimii? Elektroforeesi nanotieteen tutkimusmenetelmänä
Luento 3 (1h)	Itsejärjestävä molekyyielektroniikka
Atomivoimamikroskopia (3 h)	Atomien välisen vuorovaikutuksen mittaaminen Voimamikroskopia nanotieteen tutkimusmenetelmänä
Saippuakuplat (3 h)	Ohutkalvo ja molekyylikoko Väriin perustuva ohutkalvon paksuusmittaus
Kurssin päätös (1 h)	Kurssipalaute Kysely nanotieteen käsityksistä

Asiantuntijaluennoitsijoiksi valittiin kolme tutkijaa Jyväskylän yliopiston Nanotiedekeskukselta. Valintakriteereinä olivat tutkijatoiminnan poikkitieteellisyys, erilaiset tutkimusmenetelmät ja erilaiset päätieteenalat. Näin luennoitsijoiksi valikoitui solumikroskopiaa tutkiva biologi, molekyylimallinnusta harjoittava kemisti ja molekyyielektroniikkaa rakentava fyysikko.

Kurssilla tutkittaviksi aiheiksi valikoituivat seuraavat poikkitieteelliset aiheet (numerot suluissa viittaavat niihin ydinajatusien listan kohtiin, joiden alustavasti katsottiin liittyvän ko. opetuskokonaisuuteen):

Taikahiekka (1,2,7,9)

Työssä valmistetaan hydrofobisella aineella (PTFE, TeflonTM) pinnoitettua hiekkaa ja tutkitaan, miksi pinnoitettu hiekka ei kastu veden alla, miten veteen sekoitetut lisäaineet vaikuttavat kastumiseen ja miten näitä ilmiöitä voi käyttää hyväksi pinnoitteissa.

DNA (1,3,4,9)

Työssä tutkitaan, miten elektroforeesi toimii ja mitä DNA:n ominaisuuksia käytetään hyväksi DNA-tunnistuksessa?

Saippuakuplat (2,5,6,9)

Työssä mietitään, miksi saippuakuplat ovat joskus värikkäitä ja joskus läpinäkyviä. Kehitetään menetelmiä ohutkalvojen paksuuksien mittaamiseksi?

Atomivoimamikroskoopi (1,2,4,8,9)

Työssä rakennetaan legomalli atomivoimamikroskoopista ja tutkitaan sen avulla, miten atomit vuorovaikuttavat. Samalla pohditaan miten voi tutkia näkymättömiä asioita...

Kaikkien näiden tutkimusten työohjeet tullaan liittämään Nanokoulun verkkoportaaliin: <http://www.nanokoulu.net/node/13> .

Tutkimukset toteutettiin luonnontieteellisen menetelmän sykliä noudattaen: määrittele tutkimuskysymykset => ennusta vastaukset käsityksesi perusteella => suunnittele ja toteuta tutkimukset ennusteitten perusteella => vastaa tutkimuskysymyksiin ja määrittele uudet tutkimuskysymykset. Sykliä voidaan jatkaa loputtomiin, kuten tieteellinen tutkimus tekee, mutta jo yksi kierros tukee kaikkia kolmea Hodsonin tavoitteista. Saippuakuplan ominaisuuksien tutkimisen sykli voisi olla seuraava:

1. Miten saippuakuplan väri muuttuu sen koon kasvaessa?
2. ”Väri muuttuu kohti näkyvän spektrin jompaakumpaa päätä”
3. Testataan saippualliuoksia ja välineitä, joilla voidaan puhalttaa mahdollisimman ohuita kuplia. Suunnitellaan laitteita ja menetelmiä, joilla voidaan määrittää kuplan dominoiva väri ajan funktiona. Suunnitellaan menetelmä (esim. regulaattori), jolla voidaan kasvattaa kuplan kokoa lineaarisesti tai ainakin monotonisesti ajan funktiona. Suunnitellaan menetelmä kuplan koon mittaamiseksi.
4. Väri siirtyy kohti lyhyempiä aallonpituuksia ja häviää kokonaan jossain vaiheessa. Mikä on tämä vaihe?

3. Kurssin oppimisvaikutus

Lukiolaisten nanotiedettä koskevia ennakkokäsityksiä selvitettiin esitestillä ennen kurssin alkua ja oppimista mitattiin toistamalla esitestin öljykalvoja koskevat kysymykset: ”Öljykalvo kelluu veden pinnalla. Miksi kalvossa näkyy värejä?” ja ”Kuinka kalvon paksuus voidaan mitata?” jälkitestissä ja vertaamalla vastauksia keskenään. Otos oli 20 vapaaehtoisen nanotieteen puolikurssin keväällä 2010 valinnutta Jyväskylän yliopiston Normaalikoulun lukiolaista. Näistä 17:ää sekä esi- että jälkitesttiin osallistunutta käytettiin oppimisen arvioinnissa (N=17). Tutkimuksen tavoitteena oli saada tietoa yläkoululaisten opiskelijoiden nanotieteen ydinajatuksiin liittyvistä ennakkokäsityksistä ja edistymisestä kurssin seurauksena kohti tieteellisiä käsityksiä. Tutkimusta johdattelivat peruskysymykset:

- Millaisia ennakkokäsityksiä lukion oppilailla on nanotieteestä ja siihen liittyvistä käsitteistä, menetelmistä ja tuotteista?
- Kuinka hyvin lukiolaiset oppivat nanotieteen ilmiöitä ja menetelmiä kurssin avulla?

Sekä esi- että jälkitestissä kysyttiin aineen vähenemisen vaikutuksia sen ominaisuuksiin yhdessä (ohutkalvo), kahdessa (lanka) tai kolmessa (piste) ulottuvuudessa lähestyttäessä atomitasoa sekä nanotieteen menetelmiä. Jotta testattaisiin ymmärryksen kehittymistä, mieluummin kuin ulkoa oppimista, testien kysymykset olivat öljykalvokysymyksiä lukuun ottamatta erilaiset. Esitestissä pyydettiin kertomaan esimerkkitalanteita ja tunnistamaan syy-seuraussuhteita tutuista arkipäiväisistä tilanteista, joissa aineen ominaisuudet muuttuvat atomitason ilmiöiden seurauksena. Tapauksina käytettiin veden pinnalla kelluvaa öljykalvoa, DNA juostetta ja vesipisaraa. Jälkitestin kysymyksillä pyrittiin testaamaan, mitä kurssilaiset olivat oppineet näistä samoista aiheista. Aineisto analysoitiin luokittelemalla kaikki vastaukset täysin oikeisiin, osittain oikeisiin ja täysin väärin vastauksiin. Oikeasta vastauksesta sai yhden pisteen. Osittain oikeellisuuden perusteena oli joko oikea vastaus väärin perusteluin tai päinvastoin. Tästä sai puoli pistettä. Väärästä

vastauksesta ei saanut pisteitä. Kollektiivista käsitysten muuttumista mitattiin molemmille testeille yhteisten öljykalvokysymysten avulla. Kaksi riippumatonta arvioijaa arvioi molempien testien kysymykset ja kurssilaisten edistymiselle laskettiin tunnusluku G (= gain) (Hake, 1998):

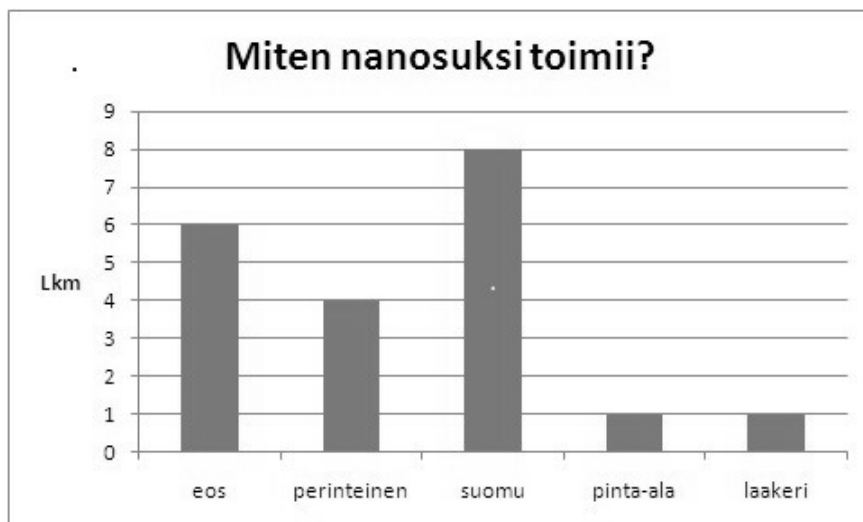
$$G = \frac{\text{Jälkitestin keskiarvo \%} - \text{Esitestin keskiarvo \%}}{100 - \text{Esitestin keskiarvo \%}},$$

missä keskiarvo tarkoittaa kaikkien kurssilaisten tuloksista laskettua keskiarvoa. G :n mahdollinen arvo vaihtelee nolasta (esitestin ja jälkitestin keskiarvot samat, luokka ei ole edistynyt) ykköseen (jälkitestin keskiarvo on 100 %, enempää ei voi oppia). Hake havaitsi yläkoulun oppilaiden mekaniikan oppimista tutkimalla, että perinteisessä luentomuotoisessa opetuksessa luokan oppiminen kasvaa noin 22 % riippumatta esitestin tuloksista tai opettajasta. Vuorovaikutteisessa oppimisessä mitattu edistyminen oli 52 %. Joidenkin ennakkokäsitysten analyysissä muodostettiin yleisien ennakkokäsitysten mukaisia alaluokkia, joihin kuuluvat vastaukset kvantifioitiin laskemalla niiden frekvenssit.

4. Tulokset

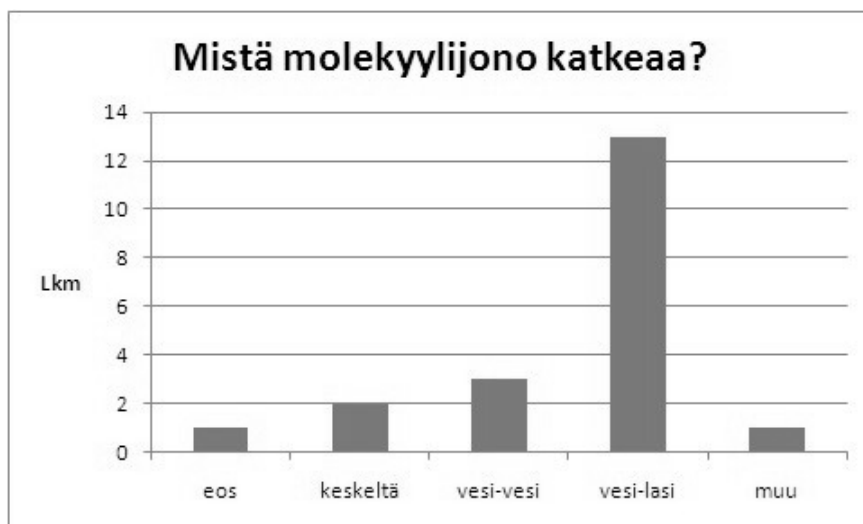
Lukiolaisten ennakkokäsityksiä nanotieteestä mitattiin neljällä nanomittakaavassa vallitsevaan ilmiöön: vesipisaran pinta-ala/tilavuus-suhteeseen, vesimolekyylien välisen vuorovaikutuksen merkittävyyteen, pintajännitykseen ja valon interferenssiin ohuissa kalvoissa. Nanotieteen menetelmiä tentattiin kahdella kysymyksellä elektroforeesista ja atomivoimamikroskopiasta ja yhdessä kysymyksessä pyydettiin mainitsemaan nanoteknologian tuotteita.

Käsityksiä veden ainemäärän vaikutusta sen mekaanisiin ominaisuuksiin tutkittiin pyytämällä lukiolaisia mainitsemaan esimerkkitilanteita joissa vesi on liukasta tai tahmeaa, esimerkkejä nanokoon aiheuttamasta tahmeudesta ja selittämään samanaikaisesti luistavan ja pitävän nanosuksen toimintaperiaate. Veden muuttuminen joskus tahmeaksi ja joskus liukkaaksi liitettiin yleisimmin ison ainemäärän ominaisuuksiin: olomuotoihin tai lisäaineisiin, joista mainittiin esimerkkeinä sokeri ja saippua. Olomuodoista yleisimmin liukkaaksi miellettiin jää ja tahmeaksi vesi. Yhden vastaajan mukaan ”vesi on tahmeaa kun se on jäätymäisillään”. Myös vesikerros jään päällä mainittiin liukkaaksi. Ainoastaan kaksi vastaajaa ajatteli vesimolekyylien ominaisuuksien tekevän niistä helposti takertuvia – yksi piti vesimolekyyliä liukkaina. Kun kysymykseen liitettiin tahmeus nanokoossa, viisi vastaajaa mielsi tahmeuden johtuvan molekyyliden välisistä sidosvoimista ja yksi sähköisestä vuorovaikutuksesta. Lisäksi yhden vastaajan mainitsema pinnan karheuden vaikutus saattaa johtua molekyylitaso ajattelusta. Nanosuksen toimintaa selitettiin yleisimmin perinteisen pitovoiteen tai pitopohjan (suomu) malleilla (ks. kuva 1). Nanotieteen mukaiseen ajatteluun voi viitata kahden vastaajan kuvaukset pinta-alan muutoksista ja laakerivaikutuksesta: ”Hyvin pieniä liukuvia putkia”.



Kuva 1. Lukiolaisten nanosuksen toimintaa kuvaavien selitysmallien jakauma.

Kysymykseen, miksi vesi pisaroi lasipinnalla, vastattiin yleisimmin pintajännityksen käsitteellä. Tähän käsitteeseen liitti molekyylisen välisen vuorovaikutuksen kuusi opiskelijaa joista kaksi vielä perusteli tilannetta vesi-vesi ja vesi-lasi kytkösten erilaisuudella. Jatkokysymys liitettiin atomivoimamikroskopian periaatteisiin. Siinä tehtiin ajatuskoe, jossa kahdesta vesimolekyylisestä ja yhdestä ”lasi”molekyylisestä koostuvaa jonoa vedetään päistä. Kysyttäessä, mistä vesi-vesi-lasi molekyylijono helpoiten katkeaa, vastattiin yleisimmin (13 vastaajaa 20:stä) oikein (ks. kuva 2). Kahden vastaajan mielestä jono katkeaa keskeltä. Tämä voi tarkoittaa, että vesimolekyyli hajoaa, tai että molemmat sidokset katkeavat yhtä aikaa.



Kuva 2. Ajatuskokeen, jossa kahdesta vesimolekyylisestä ja yhdestä lasipöydän molekyylisestä koostuvaa jonoa vedetään päistä ja pohditaan mistä jono katkeaa, vastausten jakauma.

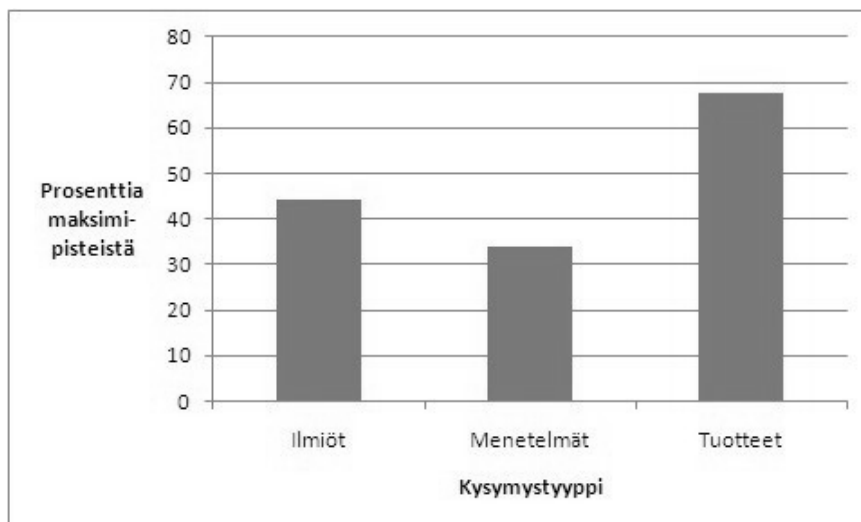


Kuva 3. Lukiolaisten perustelut ohuen öljykalvon väreille erilaisten selitysmallien mukaan luokiteltuna.

Ennakkokäsityksiä kvantti-ilmiöistä ja nanotieteen menetelmistä tutkittiin öljykalvoon liittyvien kysymysten avulla. Kysymyksen ”Miksi öljykalvossa näkyy värejä?” ennakkotestin palaute vastaustyypeittäin jaoteltuna on esitetty kuvassa 3. Värejä perusteltiin yleisimmin taittumisen tai heijastumisen avulla. Valon aaltomalliin ja superpositioon liittyvä interferenssi oli mainittuna ainoastaan yhdessä vastauslomakkeessa. Edellisen kysymyksen johdantelemina kuusi opiskelijaa käyttäisi värejä apuna kalvon paksuuden määrittämisessä. Neljä opiskelijaa mittaisi kalvon pinta-alan ja keräisi kalvon astiaan sen tilavuuden määrittämiseksi.

Kysymykseen ”Mitä DNA-tunnistus on?” vastattiin usein, että se liittyy ihmisten tai eliöiden tai kahden DNA:n välisten yhtäläisyyksien etsimiseen. Seitsemän vastaajaa vastasi, että se liittyy perimän määrittämiseen ja viisi, että se liittyy DNA:n avulla tehtävään (lääketieteelliseen) tutkimukseen. DNA liitettiin nanotieteisiin yleisimmin kokonsa perusteella, mutta nanotieteen menetelmät ja laitteet mainittiin joissakin vastauksissa.

Nanoteknologian tuotekysymyksessä pyydettiin luettelemaan nanoteknologian tuotteita. Tuotteista tunnettiin erityisesti nanomateriaaleihin liittyvät tuotteet. Näistä esimerkkejä olivat erilaiset pinnoitteet ja kestävät komposiitit ja nanoputket.



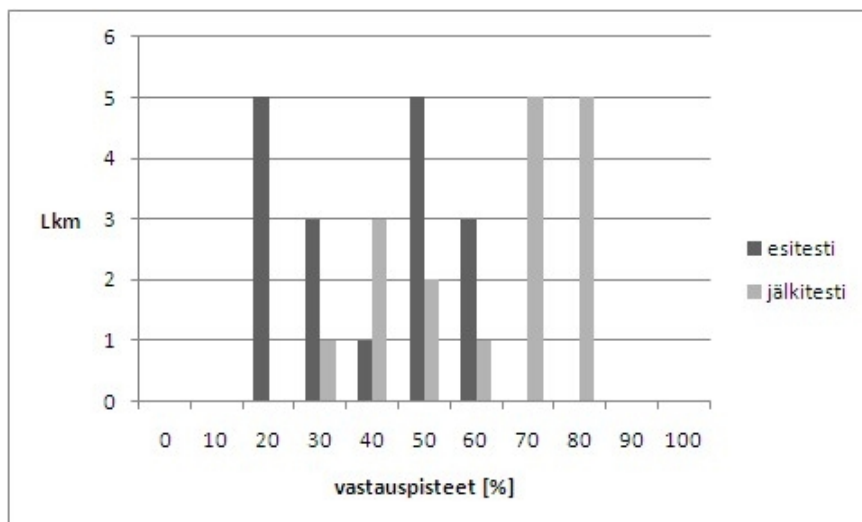
Kuva 4. Kurssilaisten esitestissä eri kysymystyypeistä saamat keskiarvot.

Kaikille kurssilaisille lasketut prosentuaaliset keskiarvot maksimipisteistä on esitetty kysymystyypeittäin lajiteltuna graafisesti kuvassa 4. Kuvasta nähdään, että nanoteknologian kaupallisia tuotteita tunnistettiin melko hyvin (keskiarvo 68 % maksimipisteistä), mutta nanokokoiseen aineeseen liittyviin ilmiöihin kohdistuvista ennakkokysymyksistä kurssilaiset saivat kokoon keskimäärin vain 44 % pisteistä ja nanotieteen menetelmiin kohdistuvista kysymyksistä 34 % pisteistä.

Taulukko 2. Seitsemäntoista sekä esi- että jälkitesttiin osallistuneen lukiolaisen tuloksista lasketut tunnusluvut.

	N	Keskiarvo (%)	Keskihajonta	Minimi	Maksimi
Esitesti	17	45	14	29	64
Jälkitestti	17	66	17	30	85

Esitestin ja jälkitestin kaikki tehtävät arvioitiin molempiin testeihin osallistuneiden 17 opiskelijan osalta. Pisteistä lasketut tunnusluvut on esitetty taulukossa 2. Näiden pisteiden prosentuaalisen osuuden maksimipisteistä jakauma on esitetty graafisesti kuvassa 5.



Kuva 5. Molempiin testeihin osallistuneiden lukiolaisten testipisteiden (prosentteina maksimipisteistä) jakauma.

Esitestin ja jälkitestin yhteisten öljykalvon värien syytä ja paksuuden mittaamista käsittelevien kysymysten pistemäärien jakauman kehittyminen on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Kysymysten "miksi veden pinnalla kelluvassa öljykalvossa näkyy värejä?" ja "miten määrittäisit kalvon paksuuden?" vastausten pistemäärien jakauma esitestissä ja jälkitestissä.

Pisteistä laskettu oppiminen värien selitykselle on vain $G = 8 \%$, kun taas paksuuden määrittämiselle saatiin $G = 84 \%$. Kokonaispistemäärän jakauman kehittyminen on esitetty kuvassa 7. Kokonaispistemäärän keskiarvojen kasvu antaa oppimiselle $G = 40 \%$.



Kuva 7. Ennako- ja jälkitestille yhteisten öljykalvokysymysten vastausten jakaumien kehittyminen kurssin aikana.

5. Johtopäätökset

Opetuksellisen rekonstruktion mallin mukaisella sisältötiedon pedagogisella analyysillä luonnontieteen opettaja voi kehittää nanotieteen sisältöjen ja pedagogiikan hallintaansa. Tähän tarvitaan kuitenkin riittävästi ohjausta. Tämän kurssin esitestien ja jälkitestien kaikkien kysymysten keskiarvoista laskettu normitettu edistyminen oppimiselle on 38 %. Vaikka eri testit eivät olekaan keskenään täysin vertailukelpoisia, antaa niiden arviointipisteytys hyvin samanlaisen kuvan kurssin edistymisestä, kuin öljykalvokysymyksiin perustuva vertailu.

Nanokurssille osallistuneet lukiolaiset pitivät asiantuntijaluentoja ja käytännön tutkimusten yhdistelmää hyvänä työtapana. Kymmenen opiskelijaa mainitsi uuden tutkimustiedon kurssin hyödyllisenä antina ja samoin kymmenen mainitsi käytännön työskentelyn tässä yhteydessä. Muutosten puolella kurssille haluttiin pidempää aikaa ja lisää matematiikkaa. Luennoille kaivattiin myös lisää vuorovaikutusta.

Kurssilta saatujen kokemusten ja ennakkokäsityskyselyjen tulosten perusteella suunnittelemme tulevaa nanotieteen opetusta oppimisvaadeanalyysin avulla. Oppimisvaadeanalyysissä kiinnitetään erityistä huomiota oppilaiden ennakkokäsitysten ja opeteltavan tieteellisen käsityksen välisiin eroihin (Viiri & Savinainen, 2008).

Kiitämme Teknologiateollisuuden 100-vuotissäätiötä nanotieteen kouluopetuksen edistämiseen saamastamme tuesta.

Lähteet

- Duit, R. (2006). Science Education Research – An Indispensable Prerequisite for Improving Instructional Practice. Artikkelit esitetty kokouksessa ESERA Summer School, Braga, Portugal. <http://www.naturfagsenteret.no/esera/summerschool2006.html>, luettu 30.6.2010.
- Hake, R. (1998). Interactive-engagement vs. traditional methods: A six-thousand students survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of physics*, 66, 64-74.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 83, 163-177.
- Hutchinson, K., Shin, N., Stevens, S.Y., Yunker, M., Delgado, C., Giordano, N. & Bodner, G. (2007). Exploration of Student Understanding and Motivation in Nanoscience. Artikkelit esitetty kokouksessa NCLT NSEE Symposium, NARST Conference, New Orleans, LA.
- Lavonen, J., Byman, R., Juuti, K., Meisalo, V., & Uitto, A. (2005). Pupil interest in physics: A survey in Finland. *NorDiNa*, 2, 72-85
- Lähdeniemi, T. & Jauhiainen, J. (2010). Tulevaisuuden koulu: Verkkohaastattelun raportti [Pdf-diaesitys]. Fountain Park.
- Nanokoulu. (2010). Nanokurssi alkaa, kansainvälistä yhteistyötä Nanokoulussa. <http://nanokoulu.net/>, luettu 30.6.2010.
- National research council. (2000). *Inquiry and the national science education standards - a guide for teaching and learning*. Washington, D.C.: National academy press..
- Opetushallitus. (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*. Vammala, Vammalan kirjapaino Oy.
- Palmberg, C., Dernis, H. & Miguët, C. (2009). Nanotechnology: An overview based on indicators and statistics. OECD, STI Working Paper 7.
- Schwab, J. (1960). What do scientists do? *Behavioral Science*, 5, 1-27.
- Singh, K. A. (2007). *Nanotechnology Skills and Training Survey*. London, UK: Institute of Nanotechnology Reports.
- Spinverse Oy (2009). Nanotechnology in Finnish Industry 2008 [PowerPoint -diaesitys]. <http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/NANO/fi/etusivu.html>, luettu 30.6.2010.
- Stevens, S. Y. & Krajcik, J. S. (2007). The Big Ideas in Nanoscale Science and Engineering [Pdf-juliste]. http://www.mcrel.org/NanoTeach/pdfs/big_ideas.pdf, luettu 30.6.2010.
- Viiri, J. & Savinainen, A. (2008). Teaching-learning sequences: A comparison of learning demand analysis and educational reconstruction. *Latin-American Journal of Physics Education*, 2(2), 80-86.

Ongelmaperustainen kokeellisuus työtapana ammattikorkeakoulussa

Jukka Rautiainen & Maija Aksela

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Ongelmaperustainen oppiminen (PBL) on yksi työtapo kemian opetuksessa. Tässä artikkelissa esitellään tapaustutkimus, joka toteutettiin Oulun seudun ammattikorkeakoululla laboratorioalan opetuksessa. Syksyllä 2009 ongelmaperustainen laboratoriotyö sisältyi kolmannen vuoden 10 opintopisteen laajuiseen menetelmäntestausosio -opintojaksoon ja keväällä 2010 ensimmäisen vuoden Spektrometria 1 -opintoihin. PBL (problem based learning, ongelmaperustainen oppiminen)-tutoriaalit toteutettiin seitsemän askeleen menetelmää mukaellen. Virikkeet pohjautuivat ympäristö- ja liuosanalytiikkaan. Kolmannen vuoden opiskelijoista työn suoritti 11 ja ensimmäisen vuoden yhdeksän opiskelijaa. Opiskelijoilla oli aiempia kemian opintoja ja kokemusta kokeellisista töistä. Ongelmaperustainen oppiminen oppimistapana ei ollut kaikille tuttua. Kolmannen ja ensimmäisen vuoden opiskelijat kokivat PBL oppimistavan hyödyt ja mielekkyyden eri tavalla. Kolmannen vuoden opiskelijat kokivat erityisesti laitteiden käytön ja käytön kertaamisen hyödylliseksi ja mielekkääksi, kun taas ensimmäisen vuoden opiskelijat kokivat ryhmätyön hyödyllisimpänä. Työtapana PBL koettiin kohtalaisen mielenkiintoisena. Ensimmäisen vuoden opiskelijat kokivat oppimistavan mielenkiintoisempaan kuin aiemmin käyttämänsä oppimistavat. Kokonaisuutena PBL-tutoriaali koettiin selkeänä.

1. Johdanto

Oulun seudun ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikön laboratorioalan koulutusohjelmassa kemian opetus tapahtuu osittain projektien kautta. Projektiopinnot sijoittuvat lähinnä kolmannelle vuodelle, jolloin opiskelijat suuntautuvat joko bioteknologiaan tai laboratorioanalytiikkaan (OAMK, 2010). Ongelmaperustaista opetusta on aiemmin Oulussa kokeiltu bioteknologiaan suuntaavissa opinnoissa (Mursula, 2004), mutta ei laboratorioanalytiikan opinnoissa. Ensimmäisen vuoden opinnoissakaan ei ole aiemmin PBL:ää sovellettu (OAMK, 2010).

Tämä tutkimus kohdistuu kolmannen vuoden laboratorioanalytiikan valinneiden Menetelmätestaus -opintoihin ja ensimmäisen vuoden Spektrometria 1 -opintoihin. Menetelmäntestausosio-opintojakson kokonaistuntimäärä on 140 tuntia, josta ongelmaperustaisen laboratoriotyön osuus oli 41 tuntia. Työhön kuului lisäksi noin 10 tunnin itsenäisen opiskelun jakso. Työ sisälsi ongelmaperustaisen laboratoriotyöosuuden lisäksi tiedonhaku- ja tilastolaskuharjoituksia, raportin, oppimispäiväkirjan ja opponoinnin. Spektrometria 1- opinnoissa PBL-työ kuului tarkkuustyöhön, jona oli kuparin määrittäminen. Työhön sisältyi ongelmaperustaiset tutoriaalit ja laboratoriotyö.

2. Ongelmaperustainen oppiminen

2.1 Ongelmaperustaisen oppimisen taustaa

Ongelmaperustaisesta oppimisesta käytetään usein lyhennettä PBL, joka tulee englannin kielestä, problem based learning. Ulkoa opettelua PBL:ssä vältetään ja sen avulla kehitetään oppimistaitoja. Ongelmien ratkaisussa käytetään hyödyksi opiskelijoiden vanhaa tietoa ja tiedonhakua. (Boud & Feletti, 2000)

Ongelmaperustainen oppiminen pohjautuu ajatukselle oppimisen tilannesidonnaisuudesta. Sen mukaan opittu tieto on arvokkaampaa, mikäli oppi ja tieto saadaan tosielämän ongelmia ratkomalla pelkän teoreettisen käsittelyn sijaan. Ongelmaperustainen oppiminen kehittää myös asian ymmärtämistä, ongelmanratkaisutaitoja, oman oppimisen suunnittelukykyä ja asennetta omaan oppimiseen. (Capon & Kuhn, 2004)

Viime vuosikymmeninä tiedon luonne ja tiedon hankkimisen tavat ovat muuttuneet huomattavasti. Korkeakoulujen perinteinen luento-opetus ei vastaa nykypäivän haasteisiin. On havaittu, että passiivisella luento-opetuksella saavutetut oppimistulokset ovat usein melko vaatimattomia. Syynä on se, että opiskelijoiden opiskelun motivoijina toimivat tentit, joiden suorittamisen jälkeen opittu tieto helposti unohtuu. Samalla omaksuttu tieto jää irralliseksi aikaisemmin opituista asioista. (Huusko, Jokinen & Sarajärvi, 2001)

Uudet oppimiskäsitykset ovat myös pakottaneet arvioimaan uudelleen yliopistojen opiskelu-menetelmiä ja -tapoja. Nykyinen käsitys on se, että tietoa ei voi siirtää, vaan oppiminen tapahtuu parhaiten työstämällä uudet asiat vanhaan tietoon pohjautuen. Myös teoria ymmärretään käytännön esimerkkien yhteydessä. Samalla asia jää paremmin mieleen. (Huusko, Jokinen & Sarajärvi, 2001)

Teknologian nopea kehittyminen mahdollistaa uuden tiedon nopean kulun ja saatavuuden. Sen vuoksi opiskelijoille on pyrittävä kehittämään valmiudet jatkuvaan tietojen hankintaan, ylläpitoon sekä erilaisten tietojen ja tiedonlähteiden arvioimiseen. Ongelmaperustaisessa oppimisessa opiskelijoille annetaan mahdollisuus pysyvien tietorakenteiden muodostamiseen irrallisen faktatiedon sijaan. Opiskelun motivoijana toimivat tällöin todelliset alan ongelmat eivätkä vain esimerkiksi suorittamista korostavat tentit. (Huusko, Jokinen & Sarajärvi, 2001)

Eri työelämän aloilla tarvittavien taitojen luonne on muuttunut yhteiskunnallisen kehityksen myötä. Ryhmätyöt ovat nousseet keskeisiksi työmuodoiksi eri organisaatioissa ja yrityksissä. Tällöin korostuvat toisten ihmisten huomioonottamis- ja ryhmätyötaidot. (Huusko, Jokinen & Sarajärvi, 2001)

Ongelmaperustaisen oppimisen menetelmässä korostuu tietojen oppimisen lisäksi erilaisten taitojen hankkiminen. Erilaisten taitojen omaksuminen takaa mahdollisuuden elinikäiseen oppimiseen ja tietojen ajankohtaisena pitämiseen. (Huusko, Jokinen & Sarajärvi, 2001; Väisänen, 2000)

2.2 Ongelmaperustainen seitsemän askeleen menetelmä

Ongelmaperustainen oppiminen pohjautuu virikkeeseen, jota ei kyetä heti ratkaisemaan aiemman tiedon pohjalta (Hakkarainen et. al., 1999). Virike voi käytännössä olla mikä vaan, kuten skenaario, kuvaus tapahtumasta, video tai lehtileike. Hyvän virikkeen tulee olla kiinnostava. Sen tulee olla myös lyhyt, kyseenalaistava, avoin, mieleenpainuva ja aktivoida opiskelijan aikaisemmat tiedot (Sarajärvi, Vanhala & Willman, 1999). Tämän jälkeen ongelmanratkaisussa edetään seitsemän askeleen mukaan (Hakkarainen et. al., 1999). Ensimmäiset viisi vaihetta tapahtuu ensimmäisen tutor-istunnon aikana, jota seuraa itseopiskeluvaihe. Se puretaan toisessa istunnossa (Siivonen, 2005). Seitsemän askelta ovat:

- käsitteiden selventäminen
- ongelman määrittäminen
- aivoriihi
- ongelman analysointi/selitysmallin rakentaminen
- oppimistavoitteiden muodostaminen
- itsenäinen opiskelu
- purku ja arviointi

Käsitteiden selventäminen

Virikkeisiin tutustumisen jälkeen selvitetään epäselvät käsitteet. Opettaja voi auttaa ongelmallisten käsitteiden selvittämisessä. Tämän vaiheen tarkoituksena on vähentää mahdollisia väärinymmärryksiä muissa työn vaiheissa ja muodostaa tutkittavan aihepiirin ympärille yhteinen kieli. Mikäli aihepiiri on ennestään opiskelijoille tuttua tai vieraita käsitteitä ei ole, voidaan vaihe ohittaa tarpeettomana. (Huusko, Jokinen & Sarajärvi, 2001)

Ongelman määrittäminen

Tässä askeleessa määritetään ongelma tai kuvattava ilmiö. Se määritetään virikkeen pohjalta aivoriihen lähtökohdaksi. Muodostetulle ongelmalle tai ilmiölle sovitaan työotsake tai -nimi, joka kertoo mistä ongelmassa on kysymys. (Huusko, Jokinen & Sarajärvi, 2001)

Aivoriihi

Aivoriihi on ryhmässä ideointia ja se onkin yksi luovan ongelmanratkaisun standardimenetelmistä. Sen tarkoituksena on aktivoida aikaisemmat tiedot aiheesta. Aivoriihikoukussa on vetäjän lisäksi noin 5 - 12 hengen ryhmä. Aivoriihessä ryhmä ideoi ratkaisua ongelmaan. Suurta ryhmää käytetään siksi, että tottumattomilla on vaikeuksia löytää pienessä ryhmässä ideoita. Suuressa ryhmässä ongelmana on helpompi taka-alalle vetäytyminen. Sen tähden ryhmän vetäjä onkin avainasemassa. Hänen on pystyttävä ohjaamaan ryhmän työskentelyä siten, että kaikki osallistuu. (Lavonen, Meisalo et al., 2008)

Engelman analysointi/selitysmallin rakentaminen

Engelman analysointivaiheessa ilmiölle hahmotellaan selitysmalli, jonka pohjana on aivo-riihessä esille tuodut asiat. Tarkoituksena on luoda syy-seuraus -suhteita listattujen asioiden ja selitysten välille. Kokonaisuus hahmottuu paremmin yhteyksien kautta kuin pelkillä idea-luetteloilla. Ilmiöön liittyvät epäselvät kohdat ja selitysmallissa olevat aukot huomioidaan tässä vaiheessa. Käytännössä tämä tapahtuu siten, että sihteeri muodostaa yhteyksiä ryhmän jäsenten ehdotusten pohjalta. Apunaan hän käyttää tarralappuja, yhdistäviä viivoja ja nuolia. (Huusko, Jokinen & Sarajärvi, 2001)

Oppimistavoitteiden muodostaminen

Tämän askeleen tarkoituksena on luoda ryhmän jäsenille yhteiset oppimistavoitteet, jotka helpottavat itseopiskelua ja asiasta keskustelua purkutilanteesta. Oppimistavoitteet pohjautuvat asioihin, joita opiskelijat eivät vielä tiedä ongelmaan liittyen. Tarkoituksena on samalla luoda yhteys selitysmalliin ja siinä esiin tulleisiin asioihin. Oppimistavoite tai -tavoitteet muodostetaan selkeästi. Tuutori auttaa tarvittaessa oppimistavoitteiden muodostamisessa, mikäli näyttää siltä, että opiskelijoiden muodostamat tavoitteet eivät ole merkityksellisiä asian käsittelyn kannalta. Oppimistavoitteita muodostetaan yleensä yhdestä neljään. (Huusko, Jokinen & Sarajärvi, 2001)

Itsenäinen opiskelu

Tämä vaihe alkaa ryhmän muodostamien oppimistavoitteiden pohjalta (Hakkarainen et. al. 1999). Niiden saavuttamiseksi opiskelijat perehtyvät tarvittavaan materiaaliin. Materiaali voi olla mitä tahansa, kuten kurssinpitäjien määrittelemää tai sitten opiskelijoiden itsensä etsimää. Tämä vaihe opettaa opiskelijaa arvioimaan käyttämänsä materiaalin sopivuutta ja sen luotettavuutta lähteenä. Opiskelijoille pitää korostaa myös opiskeluun käytettävän ajan määrää. Materiaalin hankkimiseen ja siihen tutustumiseen sekä purkutilanteeseen valmistautumiseen menee yllättävän paljon aikaa, josta kannattaa puhua opiskelijoiden kanssa etukäteen. (Huusko, Jokinen & Sarajärvi, 2001)

Muistiinpanojen tekeminen materiaalista on tärkeää, jotta on mahdollista palata käsiteltyyn asiaan myös myöhemmin. Itseopiskelun aikana muodostetaan yhteyksiä aikaisemman tiedon ja uuden tiedon välille. Itseopiskeluun täytyy varata aikaa vähintään puolitoista työpäivää. (Huusko, Jokinen & Sarajärvi, 2001)

Purku ja arviointi

Oppimistehtävän purkutilanteessa keskustellaan ryhmässä itseopiskelun jälkeen. Keskustelussa käydään läpi mitä, ryhmän jäsenet ovat saaneet selville käsiteltävästä aiheesta. Jokainen tuo esille lyhyesti ja ytimekkäästi, mitä jokainen on opiskellut välipäivien aikana. Opitun tiedon perusteella pyritään yhdessä vastaamaan asetettuihin oppimistavoitteisiin ja luomaan yhteyksiä annettuun virikkeeseen. Purkutilanteessa opiskelijat voivat myös kysyä itseopiskelun aikana ilmenneitä epäselviä kohtia. Purkutilaisuuden tarkoituksena on, että jokainen ryhmäläinen ymmärtää käsiteltävään aiheeseen liittyvän ilmiön tarvittavalla syvyydellä. Jokaisessa purkutilanteessa on lyhyt kierros, milloin ryhmän jäsenet voivat arvioida mitä, mieltä olivat ryhmän toiminnasta sekä tapauksesta. (Huusko, Jokinen & Sarajärvi, 2001)

2.3 Ongelmaperustainen oppiminen ammattikorkeakoulussa

Auvisen (2004) mukaan teollisuudessa toivotaan ammattikorkeakoulusta valmistuvilla olevan ryhmätyötaitoja. Ongelmaperustaisessa opetuksessa kehitetään ryhmätyötaitoja. Ammattikorkeakoulujen ja laboratorioalan kokonaistuntimäärästä PBL:n osuus on kuitenkin pieni. Sitä ei anneta ollenkaan tai ongelmaperustaisen osuus on alle 25 %. (Rautiainen & Aksela, 2009)

Ammattikorkeakouluissa on kuitenkin käytetty laajalti ongelmaperustaista opiskelutapaa. Sitä on käytetty esimerkiksi metsä- ja puutalousalalla ja liiketaloudessa. (Poikela & Poikela, 2005)

Aiemmin ongelmaperustaista opetusta kemian opetuksessa on tutkittu Irlannissa ensimmäisen vuoden opiskelijoille yliopistotasolla. Kellyn ja Finlaysonin (2009) tutkimus osoitti opiskelijoilla olevan positiivinen suhtautuminen ongelmaperustaista opiskelutapaa kohtaan. Tutkimuksen mukaan 90 % opiskelijoista piti ongelmaperustaisesta opiskelutavasta enemmän kuin aiemmasta perinteisestä oppimistavasta. Tutkimus osoitti opiskelijoiden pitävän ryhmätyskentelystä, PBL oppimistavasta ja laboratoriotöistä. Opiskelijat eivät pitäneet matematiikasta ja kirjallisesta työskentelystä. Hyödyllisenä opiskelijat kokivat harjoituslaboratoriotyön ja hyödyttömänä posterin esityksen. (Kelly & Finlayson, 2009)

3. Tutkimus

3.1 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää ongelmaperustaisen oppimisen soveltuvuus ja mielekkyys ammattikorkeakoulun laboratorioalan kemian opiskeluun opiskelijan näkökulmasta. Tavoitteena oli myös selvittää opiskelijoiden näkemys PBL-tutoriaalien selkeydestä. Tutkimuskysymykset muodostettiin aiemman tutkimuksen (Kelly & Finlayson, 2009) ja kyselylomakkeen perusteella. Ongelmaperustaisen tutoriaalin selkeyteen kohdistuva tutkimuskysymys muodostettiin kyselylomakkeen perusteella.

Tutkimuskysymykset olivat:

1. Miten PBL soveltuu ammattikorkeakoulun laboratorioalan kemian opiskeluun opiskelijan näkökulmasta?
2. Miten kiinnostava PBL-opiskelutapa on ammattikorkeakoulun laboratorioalan opiskelijoiden mielestä?
3. Kuinka selkeä PBL-tutoriaali on ammattikorkeakoulun laboratorioalan opiskelijoiden mielestä?

3.2 Kohderyhmä

Kohderyhminä olivat Oulun seudun ammattikorkeakoulun laboratorioalan syksyn 2009 kolmannen vuoden (ryhmä 1) ja kevään 2010 ensimmäisen vuoden (ryhmä 2) opiskelijaryhmät. Molemmat ryhmät olivat naisvaltaisia.

Kohderyhmien opiskelijat olivat aiemmin opiskelleet kemiaa, mutta PBL työtapana ei ollut heille tuttua. Kokeellisia töitä he olivat aiemmin tehneet, varsinkin ensimmäinen opiskelijaryhmä.

3.3 Menetelmä

Tutkimus suoritettiin kaksiosaisella kyselylomakkeella. Ryhmien tutkimuslomakkeiden välillä on eroa, koska töiden sisällöt poikkesivat toisistaan. Ensimmäisen ryhmän PBL-työhön kuului myös opponointia ja se oli kytketty ympäristöanalytiikkaan, kun taas toisen ryhmän työ oli kytketty liuosanalytiikkaan. Kyselylomakkeet on muokattu Kellyn ja Finlaysonin käyttämästä kyselylomakkeesta (Kelly & Finlayson, 2009). Kyselylomakkeen ensimmäisessä osassa kyseltiin opiskelijoiden taustaa, kuten sukupuolta, aiempia kemian opintoja ja kokemuksia PBL:stä sekä kokeellisesta työskentelystä ja toisessa PBL-työtavan soveltumista kyseessä olevaan laboratoriotyöhön. Toisessa osassa kyseltiin myös opiskelijoiden näkemyksiä PBL-tutoriaalien toimivuudesta. Myös osa toisen ryhmän kysymysten vaihtoehtoista olivat numeraalisia sanallisten sijaan, joita oli ensimmäisen ryhmän kyselylomakkeessa. Kyselylomake lähetettiin ensin sähköpostitse töistä vastaavalle opettajalle, joka jakoi kyselyt opiskelijoille. Lomakkeet palautettiin työn päätyttyä.

Tutkimusaineistoa käsiteltiin tilastollisesti sekä sisällönanalyysillä. Kysymykset, joissa oli sanallinen asteikko analysoitiin, tilastollisesti. Sanallinen asteikko numeroitiin 1 – 5 ja näistä kysymyksistä laskettiin aritmeettinen keskiarvo, keskihajonta ja suhteellinen keskihajonta. Aritmeettinen keskiarvo on tilastotieteen käytetyin keskiluku. Tavallisesti puhutaan vain keskiarvosta, mutta pidempi nimi erottaa käsitteen geometrisesta tai harmonisesta keskiarvosta. Luokitellun aineiston kohdalla käytetään painotettua keskiarvoa. Keskiarvo kuvaa jakauman huipun arvoa.

Keskihajonta on käyttökelpoisin aineiston vaihtelun mitta. Se kuvaa muuttujan arvojen vaihtelua keskiarvon molemmin puolin. Hajontaluku on reaaliluku, joka saa suuren arvon kun aineistossa on paljon vaihtelua. Jos aineistossa ei ole vaihtelua eli havainnot ovat samoja, saa se arvon nolla. Keskihajonta kuvaa hajontaa 68 %:n luottamustasolla. Suhteellinen keskihajonta on keskihajonnan osuus keskiarvosta prosentteina. (Miller, 2000)

Sanallisia vastauksia analysoitiin sisällönanalyysillä vastausten lukumäärän perusteella. Sisällönanalyysi on perusmenetelmä, jota voidaan käyttää laadullisessa tutkimuksessa. Sisällönanalyysi ei ole vain metodi, vaan sitä voi pitää myös teoreettisena kehyksenä. Useimmat laadullisen tutkimuksen analyysimenetelmät perustuvat sisällönanalyysiin. Sisällönanalyysiä voidaan käyttää haastattelun analysointiin. Tällä menetelmällä pyritään saamaan tutkittavasta ilmiöstä kuvaus yleisessä muodossa. Sisällönanalyysi on

tekstianalyysiä, jolla saadaan kerätty aineisto järjestetyksi johtopäätöksiä varten. (Tuomi & Sarajärvi, 2002)

3.4 Luotettavuus

Luotettavuustarkastelussa mielipidekysymyksistä laskettiin Cohenin kappa-arvo. Tämän laskemiseksi kommentit jaettiin alaluokkiin ja molempien ryhmien kommentit yhdistettiin. Kappa-arvot laskettiin laskurilla (VassarStats, 2010).

Cohenin kappa on tilastollinen kerroin, joka kuvaa vertaisluokituksen yksimielisyyttä. Cohenin kappa ottaa huomioon myös satunnaisvaihtelun. (Sim & Wright, 2005) Cohenin kappa määritetään laskennallisesti kaavalla:

$$\kappa = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c},$$

missä P_o on kahden luokittelijan välinen todellinen yksimielisyys ja P_c oletettu sattumanvarainen yksimielisyys. (Sim & Wright, 2005)

Kapan arvo sijoittuu välille $[-1,1]$ (Tikkanen, 2010) ja kun $K > 0.8$, se kuvaa erinomaista luokittelun luotettavuutta (Krippendorff, 1980). Kapan arvon ollessa $0.67 < \kappa < 0.8$ voidaan varovaisia johtopäätöksiä tehdä (Carletta, 1996).

Kyselyn, jossa se kuului osana kurssisuoritukseen, palautusprosentti on hyvä. Tämän kyselyn palautti kaikki laboratoriotyön suorittaneet opiskelijat ja sen vuoksi tuloksia voidaan siltä osin pitää luotettavina. Otos on hyvin pieni ja sen vuoksi tilastollisesti lasketut tulokset ovat vain suuntaa antavia. Cohenin kappa arvot ovat joko hyviä tai erinomaisia.

Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttaa myös opiskelijoiden ymmärrys kysymyksistä. Kaikki opiskelijat eivät ymmärtäneet kaikkia kysymyksiä niin kuin ne oli tarkoitettu. Sen vuoksi ongelmalähtöisen tutoriaalin selkeyteen pitää suhtautua pienellä varauksella.

4. Tulokset

4.1 PBL:n soveltuminen ammattikorkeakoulun laboratorioalan kemian opiskeluun

Ensimmäinen ryhmä piti ympäristöanalytiikan työssä ylivoimaisesti hyödyllisimpänä laitteiden käyttöä ja niiden käytön kertausta (katso taulukko 1). Toiseksi eniten oltiin sitä mieltä, ettei PBL eroa vanhasta menetelmästä. Myös raskasmetallien käytön ymmärtämistä ihmiselle ja luonnolle pidettiin hyödyllisenä. Yksittäisiä mielipiteitä oli useita. Näitä olivat tilasto, uuden oppiminen, tiedonhaku ja toteutus, ongelman ratkaisu, tulosten vertailu, raportin teko, käytännöllisyys, ryhmätyö ja ei ekstra hyötyä.

Toinen ryhmä piti ryhmätyöskentelyä hyödyllisimpänä (katso taulukko 1). Lähes yhtä hyödyllisenä pidettiin ongelmanratkaisua. Myös käytännönläheisyydestä pidettiin. Yksittäisiä kommentteja puolestaan olivat virikkeen mielenkiintoisuus, omien taitojen testaaminen, projektityöhön opettaminen ja hyvän pohjan luominen käsiteltävälle asialle. Cohenin kappa-arvon perusteella tuloksia voidaan pitää luotettavana.

Taulukko 1. Ongelmaperustaisen työn hyödyt opiskelijoiden näkökulmasta.

Sijoitus	Hyödyllisintä (Ryhmä 1)	Lukumäärä	Hyödyllisintä (Ryhmä 2)	Lukumäärä
1	Laitteiden kertaus ja käyttö	7	Ryhmätyö	4
2	Ei eroa normaaliin	3	Ongelmanratkaisu	3
3	Raskasmetallien vaikutuksen ymmärtäminen luonnolle	2	Käytännönläheisyys	2
Kappa	0.8531			

Ensimmäisen ryhmän mielestä vähiten hyötyä oli vierailusta Suomen ympäristöpalvelussa (katso taulukko 2). Myös ICP:n käyttö jäi useammalle kuin yhdelle epäselväksi. Muut kommentit olivatkin yksittäisiä. Ei pidetty tiedonhausta, oppimispäiväkirjasta ja jätteen syntymisestä. Myös käytetyt menetelmät olivat jo tuttuja eikä siitä pidetty. Yhden opiskelijan mielestä kaikesta on hyötyä.

Toinen ryhmä ei osannut nimetä yhtään huonoa asiaa PBL työstä. Cohenin kappa-arvon perusteella luotettavuutta voidaan pitää varovaisesti hyvänä.

Taulukko 2. Ongelmaperustaisen työn vähiten hyödyllisimmät asiat ensimmäisen ryhmän näkökulmasta.

Sijoitus	Vähiten hyötyä (Ryhmä 1)	Lukumäärä
1	Vierailu Suomen ympäristöpalvelussa	3
2	ICP jäi epäselväksi	2
3	Tiedonhaku	1
3	Menetelmät jo tuttuja	1
3	Oppimispäiväkirja	1
3	Kaikesta on hyötyä	1
3	Jäte	1
Kappa	0.7634	

Ensimmäinen ryhmä piti eniten laitteiden käytön kertaamisesta ja mittaamisesta (katso taulukko 3). Toiseksi eniten pidettiin ryhmätyöstä. Myös laboratoriotöistä pidettiin yleisesti, uuden oppimisesta, opintovierailusta ja erityisesti grafiittiuuni AAS:n käytöstä pidettiin. GFAAS:n kohdalla pidettiin myös siitä, että opittiin uunin vaihtaminen. Yksittäisiä kommentteja oli useita. Ympäristöanalytiikan työtä pidettiin loogisena ja käytännöllisenä sekä tavoitteet olivat selkeät. Erään opiskelijan mielestä oli hyvä, että oli koko ajan tekemistä. Itsenäinen työskentely ja analyysimenetelmien haku myös mainittiin. Analyysilaitteista myös ICP:n käytöstä pidettiin. Muita yksittäisiä kommentteja olivat analysointi, tulosten käsittely, menetelmien valinta ja oppimispäiväkirja.

Toisen ryhmän opiskelijat pitivät eniten ryhmätyöskentelystä (katso taulukko 3). Lähes yhtä paljon he pitivät tulosten vertailemisesta ja käsittelystä. Tiedonhausta myös pidettiin. Yksi opiskelija piti PBL laboratoriotyötä mielenkiintoisena. Erään opiskelijan mielestä näin saatiin konkreettisempi lähtökohta tutkimukseen, kun taas eräs toinen piti itsenäisestä työskentelystä. Yksi opiskelija toi esille sen, että opiskelijat olivat toiminnassa ja opettaja vain neuvoi. Muita yksittäisiä kommentteja olivat virike, itse mittaus ja ryhmädynamiikka. Cohenin kappa-arvon perusteella tuloksia voidaan pitää luotettavana.

Taulukko 3. Ongelmaperustaisen työn eniten pidetyt asiat opiskelijoiden näkökulmasta.

Sijoitus	Pidettyä (Ryhmä 1)	Lukumäärä	Pidettyä (Ryhmä 2)	Lukumäärä
1	Laitteiden kertaus ja mittaaminen	5	Ryhmätyö	6
2	Ryhmätyöt	4	Tulosten käsittely	5
3	Laboratoriotyöt	3	Tiedonhaku	3
4	Uuden oppiminen	2		
4	Opintovierailu	2		
4	GFAAS	2		
Kappa	0.8116			

Ensimmäisen ryhmän opiskelijoiden mielestä epämiellyttävintä oli raportin teko (katso taulukko 4). Tilastotestit ja oppimispäiväkirja koettiin yhtä epämiellyttävänä. Ryhmäkokokin koettiin vähemmän miellyttäväksi asiaksi. Yksittäisiä kommentteja oli useita. Erään opiskelijan mielestä aikataulu oli tiukka. Myös laboratoriotöitä kritisoitiin. Yksi opiskelija ei pitänyt EDTA- titrauksesta, ICP-mittauksista eikä synteettisestä näytteestä. Toivottiin, että näyte olisi voinut olla oikea. Yhden opiskelijan mielestä laboratoriotyöt olivat samankaltaisia. Muita yksittäisiä kommentteja olivat tentit, aivoriihi ja jäte. Toisen ryhmän opiskelijat puolestaan kokivat, että PBL laboratoriotyö on aikaavievä (katso taulukko 4). Työ koettiin sekavana eikä aina ollut selvää mitä vastuita kenelläkin on. Laboratoriotyökin koettiin ajoittain tavalliseksi laboratoriotyöksi, mutta ilman ohjeita. Aloitus ei ollut kaikille selvää. Sitä pidettiin hitaana eikä aina tiedetty, mitä piti tehdä. Yksi opiskelija ei pitänyt matematiikasta. Cohenin kappa-arvon perusteella luotettavuutta voidaan pitää melko hyvänä.

Taulukko 4. Ongelmaperustaisen työn vähiten pidetyt asiat ensimmäisen vuoden opiskelijoiden näkökulmasta.

Sijoitus	Ei pidettyä (Ryhmä 1)	Lukumäärä	Ei pidettyä (Ryhmä 2)	Lukumäärä
1	Raportin kirjoittaminen	6	Aikaa vievä	4
2	Oppimispäiväkirja	4	Sekavuus	3
2	Tilastotestit	4		
3	Ryhmäkokko	3	Aloitus	2
4			Matematiikka	1
Kappa	0.7361			

4.2 PBL:n kiinnostavuus opiskelutapana

Toinen ryhmä piti PBL-työtä mielenkiintoisempana kuin ensimmäinen ryhmä (katso taulukko 5). Toisen ryhmän opiskelijoita oppimistapa kiinnostaa joko kohtalaisesti tai paljon. Ensimmäisen ryhmän opiskelijoita se kiinnostaa joko vähän tai kohtalaisesti. Kaksi ensimmäisen ryhmän opiskelijaa koki PBL-työtavan mielenkiintoisena, kun taas yksi toisen ryhmän opiskelija piti oppimistapaa erittäin mielenkiintoisena.

Taulukko 5. PBL-työn mielenkiintoisuus opiskelijan näkökulmasta.

Arvio	Ryhmä 1, n (kpl)	Ryhmä 2, n (kpl)
Kiinnostaa vähän	5	
Kiinnostaa kohtalaisesti	4	4
Kiinnostaa paljon	2	4
Erittäin mielenkiintoista		1
Keskiarvo	2.71	3.67
Keskihajonta	0.79	0.71
RSD %	29.2	19.3

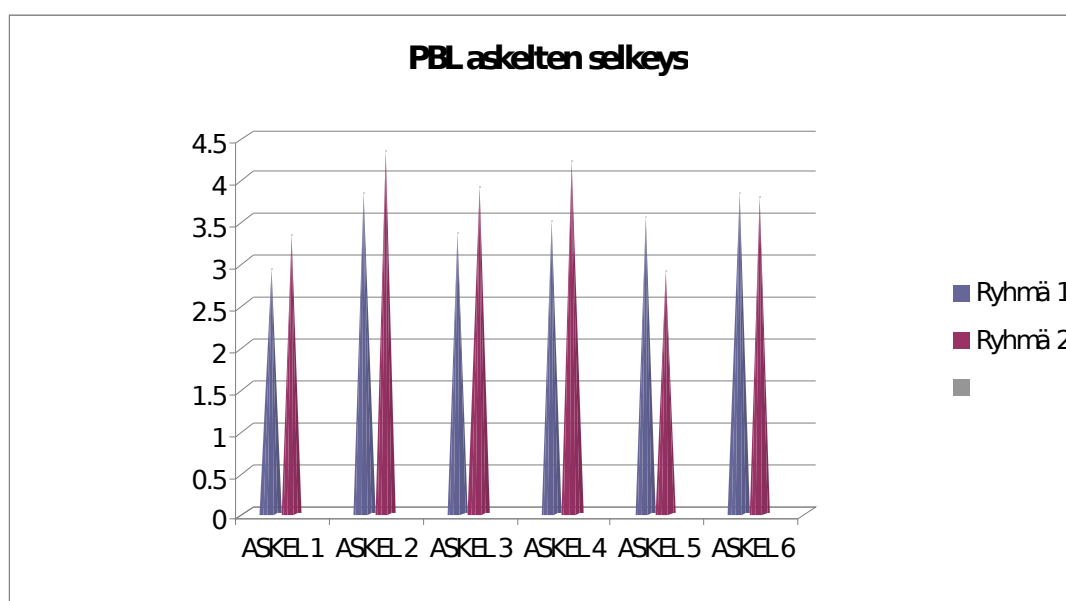
Verrattaessa PBL:ää opiskelijoiden aiemmin käyttämiinsä opiskelutapoihin ensimmäisen ryhmän opiskelijat kokivat PBL:n keskimääräisesti kiinnostavana ja toisen ryhmän opiskelijat mielenkiintoisena (katso taulukko 6). Mielenkiintoisenakin osa ensimmäisen ryhmän opiskelijoista PBL:ää piti verrattuna aiempiin tapoihin, mutta oli myös opiskelijoita, jotka pitivät sitä tylsänä tai hyvin tylsänä. Osa toisen ryhmän opiskelijoista piti PBL oppimistapaa joko keskimääräisesti tai hyvin mielenkiintoisena verrattaessa aiemmin käytettyihin oppimistapoihin. Ensimmäisen ryhmän vastauksen hajonnasta kertoo 30 %: n RSD.

Taulukko 6. PBL:n mielekkyys verrattuna opiskelijoiden aiemmin käyttämiin opiskelutapoihin.

Arvio	Ryhmä 1, n (kpl)	Ryhmä 2, n (kpl)
Hyvin tylsä	1	
Tylsä	1	
Keskimääräisesti kiinnostava	6	2
Mielenkiintoinen	3	6
Hyvin mielenkiintoinen		1
Keskiarvo	3.00	3.89
Keskihajonta	0.90	0.60
RSD %	30	15.4

4.3. PBL-tutoriaalin selkeys

Kokonaisuutena toisen ryhmän opiskelijoille PBL:n vaiheet olivat selkeämpiä kuin ensimmäisen opiskelijoille. Poikkeuksen tekee viides askel, oppimistavoitteiden muodostaminen (katso kuva 1.) Keskiarvoja tarkasteltaessa kukin vaihe oli molemmille ryhmille vähintään keskimääräisesti selkeä (katso taulukot 7 – 12).



Kuva 1. PBL askelten selkeys opiskelijoiden näkökulmasta.

4.3.1 Käsitteiden selventäminen

Käsitteiden selventämisen selkeyden vastauksissa oli molemmissa ryhmissä hajontaa. Ryhmän 1 RSD on 49.8 % ja ryhmän 2 29.4 %. Vaihe oli toisen ryhmän opiskelijoille selkeämpää kuin ensimmäisen ryhmän opiskelijoille (katso taulukko 7). Osalle ensimmäisen ryhmän opiskelijoille tämä vaihe oli epäselvä tai hieman epäselvä ja tämä laskee keskiarvoa. Myös osalle toisen ryhmän opiskelijoille tämä vaihe oli hieman epäselvä. Molemmissa ryhmissä enemmistö kuitenkin koki käsitteiden selventämisen vähintään keskimääräisesti selkeänä ja osa erittäin selkeänä.

Taulukko 7. Ensimmäisen askeleen selkeys opiskelijoiden näkökulmasta.

Arvio	Ryhmä 1, n (kpl)	Ryhmä 2, n (kpl)
Epäselvä	3	
Hieman epäselvä	1	2
Kohtalaisen selkeä	2	4
Selkeä	4	2
Erittäin selkeä	1	1
Keskiarvo	2.91	3.33
Keskihajonta	1.45	0.98
RSD %	49.8	29.4

4.3.2 Ongelman määrittäminen

Ongelman määrittäminen jakoi erityisesti ensimmäisen ryhmän mielipiteitä. Siitä kertoo RSD, joka on 28.7 %. Toisen ryhmän opiskelijat kokivat tämän vaiheen joko selkeänä tai erittäin selkeänä (katso taulukko 8). Vain yksi piti tätä vaihetta keskimääräisesti selkeänä. Ensimmäisen ryhmän opiskelijoiden mielipiteissä on enemmän hajontaa, vaikkakin selvä enemmistö pitää PBL:n toista vaihetta myöskin selkeänä tai erittäin selkeänä. Yksi opiskelija koki vaiheen epäselvänä.

Taulukko 8. Toisen askeleen selkeys opiskelijoiden näkökulmasta.

Arvio	Ryhmä 1, n (kpl)	Ryhmä 2, n (kpl)
Epäselvä	1	
Kohtalaisen selkeä	1	1
Selkeä	7	4
Erittäin selkeä	2	4
Keskiarvo	3.56	4.33
Keskihajonta	1.02	0.71
RSD %	28.7	16.4

4.3.3 Aivorihi

Aivorihi oli suurimmalle osalle kummankin ryhmän opiskelijoista selkeä (katso taulukko 9). Ensimmäisen ryhmän opiskelijoille se oli kuitenkin keskiarvon mukaan keskimääräisesti selkeä, koska lähes yhtä suuri joukko opiskelijoita piti vaihetta joko hieman epäselvänä tai kohtalaisen selkeänä, kun selkeänä. Toisen ryhmän opiskelijoista yksi opiskelija piti vaihetta hieman epäselvänä ja yksi erittäin selkeänä.

Taulukko 9. Kolmannen askeleen selkeys opiskelijoiden näkökulmasta.

Arvio	Ryhmä 1, n (kpl)	Ryhmä 2, n (kpl)
Hieman epäselvä	2	1
Kohtalaisen selkeä	3	
Selkeä	6	7
Erittäin selkeä		1
Keskiarvo	3.36	3.89
Keskihajonta	0.81	0.79
RSD %	24.1	20.3

4.3.4 Ongelman analysointi/selitysmallin rakentaminen

Ongelman analysointivaiheen toisen ryhmän opiskelijat kokivat selkeänä tai erittäin selkeänä, kun taas ensimmäisen ryhmän opiskelijat kohtalaisen selkeänä tai selkeänä (katso taulukko 10). Vain yksi toisen ryhmän opiskelija piti vaihetta kohtalaisen selkeänä ja yksi ensimmäisen ryhmän opiskelija hieman epäselvänä.

Taulukko 10. Neljännen askeleen selkeys opiskelijoiden näkökulmasta.

Arvio	Ryhmä 1, n (kpl)	Ryhmä 2, n (kpl)
Hieman epäselvä	1	
Kohtalaisen selkeä	3	1
Selkeä	6	5
Erittäin selkeä		3
Keskiarvo	3.50	4.22
Keskihajonta	0.71	0.67
RSD %	20.3	15.9

4.3.5 Oppimistavoitteiden muodostaminen

Oppimistavoitteiden muodostamisessa oli epäselvyyttä ja mielipiteiden hajontaa toisen ryhmän opiskelijoilla (katso taulukko 11). Tästä kertoo RSD, joka on 40.5 %. Ensimmäisen ryhmän opiskelijoille vaihe oli selkeä. Ensimmäisen vuoden opiskelijoiden joukossa oli opiskelija, joka koki vaiheen erittäin selkeänä.

Taulukko 11. Viidennen askeleen selkeys opiskelijoiden näkökulmasta.

Arvio	Ryhmä 1, n (kpl)	Ryhmä 2, n (kpl)
Epäselvä	1	1
Hieman epäselvä		2
Kohtalaisen selkeä	2	4
Selkeä	8	1
Erittäin selkeä		1
Keskiarvo	3.55	2.89
Keskihajonta	0.94	1.17
RSD %	26.5	40.5

4.3.6 Itsenäinen opiskelu

Itsenäinen työskentely jakoi mielipiteitä (katso taulukko 12). Enemmistö ensimmäisen ryhmän opiskelijoista koki vaiheen selkeänä ja muut mielipiteet olivat yksittäisiä. Toisen ryhmän opiskelijat kokivat vaiheen keskimääräisesti selkeänä. Kolme opiskelijaa piti vaihetta erittäin selkeänä ja se nosti keskiarvoa. Kohtalaisen selkeänä vaihetta piti yhtä suuri joukko. Yksi koki vaiheen hieman epäselväksi.

Taulukko 12. Kuudennen askeleen selkeys opiskelijoiden näkökulmasta.

Arvio	Ryhmä 1, n (kpl)	Ryhmä 2, n (kpl)
Hieman epäselvä	1	1
Kohtalaisen selkeä	1	3
Selkeä	8	2
Erittäin selkeä	1	3
Keskiarvo	3.82	3.78
Keskihajonta	0.75	1.10
RSD %	19.6	29.1

5. Johtopäätökset

Tässä tapaustutkimuksessa tuotiin esille uusi tapa toteuttaa ongelmaperustaista opiskelua kokeellisen työskentelyn yhteydessä. Tutkimuksessa havaitaan selvästi ero tuloksissa sen mukaan, onko opiskelija noviisi vai jo pitempään tehnyt ryhmätyöskentelyä.

Opiskelussa käytetyt työt olivat hieman erilaisia ja se näkyy opiskelijoiden vastauksissa. Ensimmäisen ryhmän opiskelijat eivät löytäneet PBL-työstä mitään uutta. Tämä johtuu siitä, että he ovat tehneet aiemmin paljon projektitöitä. Toisen ryhmän opiskelijat kokivat sen hyväksi valmistautumiseksi projektityöskentelyyn. Ensimmäisen ryhmän opiskelijoille tärkeintä oli saada kertausta laitetekniikasta ja niiden käytöstä ja siitä he myös pitivät. Toisen ryhmän opiskelijat nostivat esille ryhmätyön ja käytännönläheisyyden. Ensimmäisen ryhmän opiskelijat pitivät ryhmätyöskentelystä, vaikka vain yksi opiskelija

oli kokenut sen hyödyllisenä. Toisen ryhmän opiskelijat pitivät myös ryhmätyöstä, mutta myös tulosten käsittelystä.

Vierailua Suomen ympäristöpalvelussa ei pidetty hyödyllisenä ensimmäisen ryhmän opiskelijoiden keskuudessa. Sitä kautta myös ICP:n käyttö jäi epäselväksi. Toisen ryhmän opiskelijat eivät osanneet nimetä yhtään hyödytöntä asiaa. Ensimmäisen ryhmän opiskelijat eivät pitäneet raportin kirjoittamisesta, oppimispäiväkirjasta ja tilastotesteistä. Toisen ryhmän opiskelijat puolestaan pitivät menetelmää hieman sekavana ja aikaa vievänä.

Kokonaisuutena PBL työtapaa ei kiinnosta kolmannen vuoden opiskelijoita niin paljon kuin ensimmäisen vuoden opiskelijoita. Tämä johtuu PBL:n ja projektitöiden samankaltaisuudesta. Ensimmäisen vuoden opiskelijoille projektityöt eivät ole tuttuja ja PBL antaa heille enemmän kuin pidemmälle edenneille opiskelijoille.

PBL:n vaiheet olivat vähintäänkin kohtalaisen selkeitä. Eniten epäselvyyksiä ensimmäisen ryhmän opiskelijoille oli käsitteiden selventämisessä. Oppimistavoitteiden muodostaminen oli toisen ryhmän opiskelijoille hieman epäselvä. Molemmille ryhmille selkeintä oli ongelman määrittäminen ja sen lisäksi ensimmäisen ryhmän opiskelijoille itsenäinen opiskelu.

Tutkimuksen perusteella PBL toimii paremmin ensimmäisen vuoden opinnoissa kun pidemmälle edenneissä. Se antaa valmiuksia jatkossa projektityöskentelyyn ja ryhmätyöskentelyyn. Tutkimus on tapaustutkimus ongelmaperustaisen opetuksen kehittämiseen ammattikorkeakoulun laboratorioalalla, erityisesti analyyttisen kemian aihealueella. Tutkimus antaa suuntaviivoja opetuksen kehittämiseen.

Lähteet

Auvinen, P. (2004). *Ammatillisen käytännön toistajasta monipuoliseksi aluekehittäjäksi?* Akateeminen väitöskirja, Joensuun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunta, Joensuu, Joensuun yliopisto.

Boud, D. & Feletti, G. (toim.) (2000). *Ongelmalähtöinen oppiminen. Uusi tapa oppia.* Helsinki: Hakapaino.

Capon, N. & Kuhn, D. (2004). What's so good about problem based learning. *Cognition and Instruction*, 22, 61-79.

Carletta J. (1996). Assessing Agreements on Classification Tasks: The Kappa Statistic. *Computational Linguistics*, 22(2), 249-254

Hakkarainen, K., Lonka, K. & Lipponen, L. (1999). *Tutkiva oppiminen, Älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen.* Juva: WSOY

Huusko, R., Jokinen, S. & Sarajärvi, T. (2001). Ongelmaperustaisen oppimisen seitsemän vaihetta. <http://www.oulu.fi/opetkeh/kehtoimi/PBL/seitsemanaskelta.html>, luettu 23.08.2010.

- Kelly, O. C., & Finlayson, O. E. (2009). A hurdle too high? Students' experience of a PBL laboratory module. *Chemistry Education Research and Practice*, 10, 42–52.
- Krippendorff, K. (1980). *Content analysis- an introduction to Its Methodology*. Thousand Oaks: Sage Publications Inc
- Lavonen, Meisalo et al., (1998). Kokeellisuuden työtavat.
<http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/main.htm>, luettu 23.8.2010.
- Miller, J. C. & Miller, J. N. (2000). *Statistics and chemometrics for analytical chemistry*. Dorschester: Prentice Hall Ltd.
- Mursula, A. (2004). Ongelmaperustaisen oppimisen kehittäminen laboratorioalan opetuksessa. http://www.oamk.fi/amok/pro_forma/Anu_Mursula_04.pdf, luettu 30.8.2010.
- Oulun seudun ammattikorkeakoulu. (2010).
http://www.oamk.fi/hakijalle/opas/koulutusohjelmat_fi/tekn/index.php?sivu=laboratorioala, luettu 30.8.2010.
- Poikela, E. & Poikela, S. (2005). *Ongelmista oppimisen iloa- Ongelmaperustaisen pedagogiikan kokeiluja ja kehittämistä*. Tampere, Vammalan kirjapaino Oy
- Rautiainen, J. & Aksela, M. (2009). Ammattikorkeakoulujen opetussuunnitelmat kemian opetuksessa. Kirjassa M. Aksela & J. Pernaa (toim.), *Kemian opetuksen päivät 2009: Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluihin* (s. 206-220). Helsinki: Yliopistopaino Oy.
- Sarajärvi, T., Vanhala, M. & Willman, S. (1999). Ongelmalähtöinen oppiminen, Seitsemän askeleen tanssi.
<http://www.oulu.fi/opetkeh/julkaisu/materiaalit/ongelmalahtoinen.html>, luettu 30.8.2010.
- Siivonen, T. & Sinisalo, T. (2005). *Ongelmalähtöinen oppimisympäristö*. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.
- Sim, J. & Wright, C. (2005). The Kappa Statistics in Reliability Studies: Use, Interpretation, and Sample Size Requirements. *Physical Therapy*, 85(3), 257-268.
- Tikkanen, G. (2010). *Kemian ylioppilaskokeen tehtävät summatiivisen arvioinnin välineenä*. Akateeminen väitöskirja, Helsingin yliopiston kemian laitos, Helsinki, Helsingin yliopisto.
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2002). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Helsinki, Tammi.
- VassarStats. (2010). <http://faculty.vassar.edu/lowry/kappa.html>, luettu 2.11.2010.
- Väisänen, P. (2000). Ongelmaperustainen opiskelu verkossa.
<http://sokl.joensuu.fi/verkkojulkaisut/kipinat/PerttiV.htm>, luettu 23.8.2010.

POPBL- opiskelutavalla lisää motivaatiota luonnontieteiden opiskeluun

Maija Rukajärvi-Saarela¹, Päivi Ojala², Teemu Käsäkangas³ & Tuula Heikkilä³

¹ Tekniikan ja liiketalouden yksikkö Kokkola, Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu

² Kalajoen lukio

³ Kokkola yhteislyseon lukio

Tässä artikkelissa kuvataan Suomessa tehtyä tapaustutkimuksesta, jossa selvitettiin POPBL-projektioiskelun vaikutuksia lukio-oppilaiden mielenkiintoon ja motivaatioon opiskella luonnontieteitä sekä sen mahdollisuuksiin parantaa koulujen tiedeopetusta. Tutkimus toteutettiin osana EU -hanketta POPBL (EU-Project 042936 POPBL -School Science Teaching by Project Orientation - Improving the Transition to University and Labour Market for Boys and Girls). Suomea koskevan tapaustutkimuksen tutkimusaineisto koostui kvalitatiivisesta ja kvantitatiivisesta osiosta. Aineisto sisälsi lomakekyselyt, kurssikokeiden tulokset, oppilaiden ja opettajien loki/päiväkirjat, observoinnit sekä oppilas- ja opettajahaastattelut. Aineisto on analysoitu käyttäen määrällisiä ja laadullisia menetelmiä. Suomen osalta tutkimukset osoittivat, että opettajan rooli myös POPBL -opiskelutapaa sovellettaessa on tärkeä, mutta opettajan rooli muuttui tiedonjakajasta enemmänkin opetuksen suunnittelijaksi, ohjaajaksi ja tutoriksi. Opiskelutavan avulla onnistuttiin lisäämään oppilaiden mielenkiintoa ja motivaatiota luonnontieteitä kohtaan; erityisesti yritys -ja korkeakouluvierailut motivoivat sekä tyttöjä ja poikia.

1. Taustaa

Suomessa valtakunnalliset opetussuunnitelman perusteet (POPS, 2004; LOPS, 2003) lähtevät oppimiskäsityksestä, jossa oppimisen nähdään tapahtuvan yksilöllisen ja yhteisöllisen tietojen ja taitojen rakennusprosessin tuloksena. Oppimista tapahtuu tarkoituksellisen opiskelun tuloksena monenlaisissa tilanteissa: itsenäisesti, opettajan johdolla ja opettajan sekä vertaistovereidensä kanssa yhdessä. Uusien tietojen ja taitojen lisäksi opitaan oppimis -ja työskentelytaitoja, jotka tarjoavat työkaluja elinikäiseen oppimiseen. Oppiminen on seurausta oppilaiden aktiivisesta ja tarkoituksellisesta toiminnasta, jossa he käsittelevät ja prosessoivat opittavaa materiaalia jo olemassaolevan tietorakenteensa pohjalta.

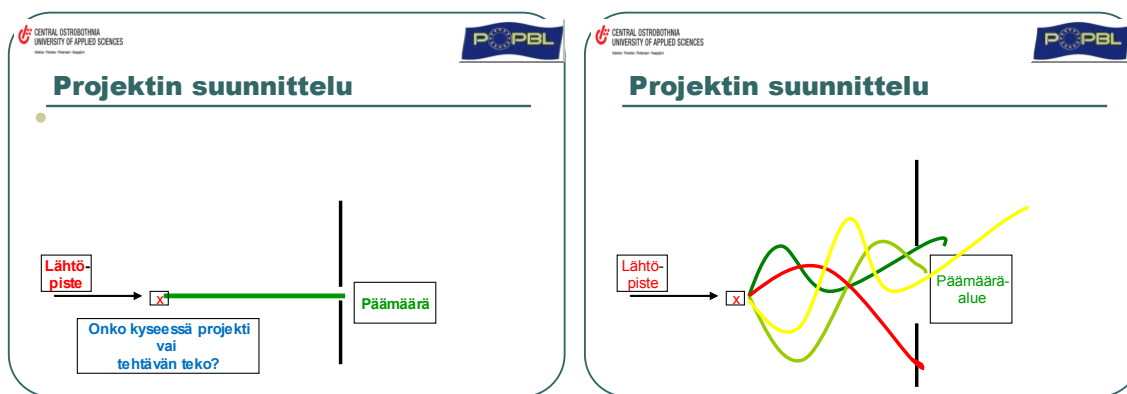
Tavat, joilla yksilö prosessoi ja tulkitsee opittavaa asiaa, riippuu olemassaolevan tiedon luonteesta. Vaikka jokaisen oppijan oppiminen tapahtuu pääpiirteissään aina samalla tavalla, riippuu oppiminen yksilön aikaisemmista tiedoista, motivaatiosta sekä oppimis -ja työtavoista. Interaktiivisen yhteistyön on havaittu auttavan yksilöllistä oppimista. Kaikissa muodoissaan oppiminen on aktiivista, päämäärätietoista toimintaa, johon kuuluu sekä yksilöllistä että yhteistyössä tehtävää ongelmanratkaisua. Taito löytää henkilökohtaisesti tehokkain strategia luultavasti johtaa parhaaseen tulokseen.

Oppiminen on tilannekohtaista, joten oppimisympäristöjen monipuolisuudesta tulee pitää huoli. Oppimisympäristön tulee myös tarjota opettajan ja oppilaan välisiä vuorovaikutusmahdollisuuksia, sen tulee edistää dialogia ja ohjata oppilaita toimimaan ryhmän jäsenenä. Tavoitteena on avoin, rohkaiseva ja kiireetön sekä positiivinen ilmapiiri,

jonka ylläpidosta opettaja ja oppilaat ovat vastuussa. (Väljærvi & Linnakylä, 2002, 89-108)

1.1 Mikä ihmeen POPBL?

POPBL (project oriented problem based learning) -opiskelutavan käytön uranuurtajiin Euroopassa kuuluu tanskalainen Aalborgin yliopisto, jossa sitä on hyödynnetty 1990-luvulta lähtien (Rosenørn, 2003). Opiskelutavassa yhdistetään projektioppiminen ja ongelmalähtöisyys. POPBL -opiskelutavassa projekti eroaa tavallisesta ryhmätyöstä tehtävän annossa, toteutusvaiheessa sekä tavoiteltavan päämäärän määrittelyssä kuvassa 1 olevien kaavioiden mukaisesti.



Kuva 1. Projektioppimisen ja tehtävänannon ero Rosenørnin (2003) mukaan.

Projektipainotteisuuden lisäksi POPBL -menetelmä korostaa tutkivaa oppimista, jossa oppiminen nähdään syklisenä tapahtumana. Oppiminen ei siis ole prosessi, joka alkaa, kun kurssi alkaa ja päättyy kun kurssikoe on pidetty (Kolb, 1984). Saatujen kokemusten kautta muodostetaan teorioita, joita projektityössä on mahdollista testata. Tutkimusongelma ratkaistaan lopulta yrityksen ja erehdyksen kautta testaamalla erilaisia teorioita. Juuri tämä testausvaihe ja sen linkittyminen aikaisempiin kokemuksiin tekee oppimisesta syklisen prosessin.

Myös arviointi on keskeinen osa menetelmää. Ennen projektia asetetaan henkilökohtaiset tavoitteet ja projektin etenemistä arvioidaan sen kuluessa oppimispäiväkirjan avulla. Projektin lopuksi palataan asetettuihin tavoitteisiin ja pohditaan, mitä uutta opittiin niin tiedollisesti kuin asioiden ymmärryksen ja työskentelytaitojen osalta.

1.2 Suomessa opettajankoulutus luo pohjaa tutkimukselliselle opiskelulle

Suomalaisessa opettajankoulutuksessa on tarkoituksena yhdistää akateeminen ja ammatillinen tieto mielekkäällä tavalla. Tutkimuksellisen opettajakoulutuksen tavoitteena on kouluttaa tulevia opettajia käyttämään kasvatukseen ja opetukseen liittyvässä päätöksenteossa niin rationaalista perustelua kuin myös intuitiivista harkintaa. Ajatuksena on integroida teoria käytäntöön koko opiskelun ajan. Opettajakoulutuksessa ovat mukana niin koulun pedagoginen kuin myös yliopiston pedagoginen näkökulma. Ohjaajaopettajien rooli on hyvin tärkeä ja heitä rohkaistaankin perehtymään alan kirjallisuuteen ja osallistuman ohjaajakoulutuksiin. (Jakku-Sihvonen & Niemi, 2006, 31 – 50)

Koska opettajat ovat alansa ammattilaisia, heillä on laajat käytännön taidot, jotka mahdollistavat asiasisältöjen välittämisen yksilöille ja ryhmille sekä tiedon rakentelun yhdessä. Akateemista sisältötietoa ja käytännön taitoja ei pidä nähdä erillisinä ja toisensa poissulkevin vaan opetustilanteissa ne ovat toisiaan täydentäviä. Tänä päivänä opettaja työskentelee jatkuvien muutosten paineessa. Yhteiskunnassamme on luovuttu yhtenäisestä kulttuurista ja se lisää moninaisuutta kaikilla elämän aloilla. Tämä tarkoittaa, että opettajat tarvitsevat kriittistä ajattelutaitoa ja kykyä reflektoida ja pohdiskella asioita. Käytännön tilanteissa monet päätökset täytyy tehdä hyvin nopeasti, joten opettajilta vaaditaan hyvin sisäistetyt ammatillinen tietotaito ja moraaliseettiset säännöt näissä alati muuttuvissa olosuhteissa toimimiseen. (Jakku-Sihvonen & Niemi, 2006, 31-50)

1.3 Tiedeopetus, motivaatio ja mielenkiinnon herättäminen

Oppilaiden oppimisstrategioilla ja oppimissaavutuksilla on selkeä yhteys. Kun oppiminen on tulosta oppilaan aktiivisesta ja määrätietoisesta toiminnasta, se näyttää olevan pysyvämpää kuin jos oppiminen on tapahtunut ulkoa oppimalla. Reilu kilpailu motivoi oppimaan ja tekemään yhteistyötä. Erilaisia oppimisstrategioita tarvitaan erilaisissa tilanteissa. Tällöin on kyse siitä, miten soveltaa erilaisia strategioita riippuen opeteltavan ja harjoiteltavan sisällön ja prosessin asiayhteydestä. (POPS, 2004; LOPS, 2003; Välijärvi & Linnakylä, 2002, 89 -108)

Taidot hallita ja ohjata omaa oppimista korostuvat koko ajan muuttuvassa ja monimutkaisessa osaamisessa. Oppimisstrategiat ovat erittäin tärkeä valmius kuin myös halu elinikäiseen oppimiseen. On tärkeää harjoittaa oppilaita löytämään omat oppimisstrategiansa ja opettaa heitä hallitsemaan ne. Lisäksi heidän on tärkeää oppia reflektoidaan ja pohtimaan sekä keskustelemaan heidän omista oppimistavoitteistaan ja jatkuvasti liittää oppiminen muualla opittuun. (Välijärvi & Linnakylä, 2002; Lie, Linnakylä & Roe, 2003)

Välijärvi ja Linnakylä (2002) kirjoittavat PISA -raportissaan, että suomalaiset oppilaat eivät helposti luovuta tehtävissä, jotka he kokevat vaikeiksi tai ikäviksi. Heillä näyttää olevan energiaa ja itsekuria viedä työ läpi. Kirjoittajat miettivät, olisiko tässä kyse suomalaisesta ”sisusta”. Toisaalta suomalaiset oppilaat eivät näytä hallitsevan hyvin taitoa sanoa omaa mielipidettään tehtävissä, joissa vastaus ei löydy tekstistä. (Välijärvi & Linnakylä 2002, 89 -108)

1.4 Yhteistyötä koulujen ja teollisuuden välillä

Taloudellinen tiedotustoimisto TAT (Taloudellinen tiedotustoimisto, 2010) on suomalaisen elinkeinoelämän tiedotustoimisto, joka seuraa yritysten toimintaympäristössä ja nuorten asenteissa tapahtuvia muutoksia. Se koordinoi Elinkeinoelämän nuorisohjelmaa ja vastaa elinkeinoelämän koulutus- ja uravalintoja tukevasta viestinnästä ja tarjoaa yrityksille ja kouluille välineitä nuorisoviestintään. Taloudellinen tiedotustoimisto kehittää koulujen toimintaa edistämällä koulujen ja yritysten yhteistyötä, tuottamalla opetusaineistoja, osallistumalla valtakunnallisiin kehityshankkeisiin ja edistämällä uusien menetelmien käyttöönottoa.

Keskeisiä yhteistyökohderyhmiä ovat ammatinvalintaiässä olevat nuoret sekä heitä nuoremmat perusopetuksen alimpien vuosiluokkien oppilaat. Opettajaryhmistä painotetaan yhteistyötä opinto-ohjaajien ja aineenopettajien kanssa. Yhteistyö on läheistä myös rehtoreiden ja opetustoimen päättäjien kanssa. (Taloudellinen tiedotustoimisto, 2010) Taidot, pätevyys ja asenteet alkavat muotoutua jo hyvin varhaisella iällä. Kemianteollisuus ry (Kemianteollisuus ry, 2010) tarjoaa tukeaan peruskouluissa ja lukioissa työskenteleville opettajille. Sen tavoitteina on yhteistyössä kehittää sekä oppimateriaalia että opetusmenetelmiä. Ammatillisen koulutuksen puolella työssäoppimisen osuus on tärkeä. Tässä tavoitteena on optimoida tapa, jossa harjoittelu kohtaisi jokapäiväisen työelämän tarpeet. Aikuisten ammatillinen pätevytyminen aikuiskoulutuksessa on saanut jalansijaa yrityksissä ja sitä käytetään niin yksilöllisessä ammattitaidon kehittämisessä kuin myös rekrytoinnissa. Nykyään myös yliopistot ja korkeakoulut korostavat yhteyksiä yritysmaailman kanssa. Kemianteollisuus on hyvin tärkeä erityisesti Kokkolassa, sillä Kokkolassa on koko Skandinavian laajin epäorganisen kemianteollisuuden keskittymä. Yhteistyö koulujen ja ympäröivän teollisuuden kesken on ollut intensiivistä jo vuosien ajan. (Kemianteollisuus ry, 2010; Kokkola Industrial Park, 2010)

2. Tutkimus

Kaksivuotisen, vuosina 2006-2008 kuudessa Euroopan maassa toteutetun POPBL-hankkeen tavoitteena oli edistää opiskelijoiden mielenkiintoa luonnontieteisiin, lisätä kykyä hakea luonnontieteellistä tietoa, taata nuorten joustavampi siirtyminen työelämään tai yliopistoon jatko-opintoihin, huomioida mahdolliset sukupuolierot ja osoittaa menetelmän mahdollisuudet parantaa koulun tiedeopetusta. Taustalla on huoli luonnontieteellisillä ja tekniikan aloilla Euroopassa yleisesti tapahtuneesta hiipuvasta kiinnostuksesta näiden alojen yliopisto-opintoihin. Suomen lisäksi muita hankkeeseen osallistuneita maita olivat Saksa, Romania, Tsekin tasavalta, Espanja ja Tanska. Yhteensä kokeiluun osallistui 13 koulua, liki seitsemänsataa opiskelijaa ja noin 30 opettajaa kuudesta maasta. Opiskelijat olivat iältään 12 -19 -vuotiaita.

Varsinaiset maakohtaiset tapaustutkimukset tehtiin lukuvuoden 2007 - 2008 aikana ja kaikissa maissa tutkimusongelmat ja niistä tehdyt hypoteesit olivat yhteiset. Tässä artikkelissa kuvataan Suomessa toteutettua tapaustutkimusta, jossa oli mukana kaksi keskipohjalaista lukiota: Kokkolan yhteislyseon lukio ja Kalajoen lukio (Kokkolan yhteislyseon lukio, 2010; Kalajoen lukio, 2010).

2.1 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusongelmat

Tutkimusta ohjasivat osallistujamaiden tutkimusentekijöiden yhdessä laatimat tavoitteet ja niistä tehdyt hypoteesit, joita oli yhteensä viisi. Hypoteesit olivat:

- H1: POPBL tekee luonnontieteiden opiskelun mielenkiintoisemmaksi ja motivoi opiskeluun
- H2a: POPBL edesauttaa opiskelijoiden kykyä hankkia luonnontieteiden sisältötietoa
- H2b: POPBL edesauttaa opiskelijoiden kykyä hankkia luonnontieteellistä osaamista
- H3: POPBL helpottaa siirtymistä koulusta työelämään ja yliopisto-opintoihin
- H4: POPBL- opiskelutapa sopii sekä pojille että tytöille yhtä hyvin
- H5: POPBL on uusi mutta jo kokeiltu opiskelutapa ja se tehostaa luonnontieteiden opiskelua

2.2 Tutkimusasetelma ja aineisto

2.2.1 Tutkimusasetelma

Kokkolan yhteislyseon lukiossa projektia toteutettiin kemian ja biologian opetuksessa. Kemiassa tutkimusryhmänä oli valtakunnallisen syventävän kurssin KE4 (Metallit ja materiaalit -kurssi) opiskelijaryhmä. He selvittivät, miten sinkkivetoketju kuormittaa luontoa. Biologiassa tutkimukseen osallistui valtakunnallisen pakollisen kurssin BI2 (Solu ja perinnöllisyys -kurssi) kaksi opiskelijaryhmää sekä yksi kontrolliryhmä. He pohtivat kurssillaan syödyn ruisleivän, oman DNA:n ja solujen välistä yhteyttä. Kalajoen lukiossa vastaavasti POPBL -projektia toteutettiin biologian ja kemian yhteisellä soveltavalla ympäristötieteen kurssilla. Opiskelijat tutkivat projektin aikana Kalajoen veden laatua.

2.2.2 Aineistonkeruu

Tutkimusaineisto koostui osin kvalitatiivisesta ja osin kvantitatiivisesta materiaalista. Taulukoitu ja keskiarvoina esitetty kvantitatiivinen aineisto kerättiin opiskelijoilta kyselemällä heidän käsityksiä luonnontieteen opiskelusta ennen kurssin alkamista ja kurssin jälkeen sekä kurssin jälkeen pidetyistä kokeista. Kvalitatiivinen osa puolestaan koostui oppilaiden ja opettajien päiväkirjoista, havainnoinneista sekä oppilas- ja opettajahaastatteluista, joissa kyseltiin teemahaastatteluna heidän kokemuksiaan POPBL -projektin toteuttamisesta oppikurssin sisällä. Opettajien toimintaa ja POPBL -opiskelutavan vaikutuksia luokkatilanteissa analysoitiin kvalitatiivisen materiaalin: havainnointien, opettajien ja oppilaiden päiväkirjojen sekä haastattelujen pohjalta. Kvantitatiivisen aineiston keräämisessä ennen varsinaista kokeilua oli aikataulusyistä johtuvia hankaluuksia. Kvalitatiivista aineistoa käytettiin myös yhdessä kvantitatiivisen aineiston kanssa kuvaamaan ilmiöitä ja tapahtumia tarkemmin.

2.3 Tutkimustulokset ja niiden tarkastelua

Tutkimustuloksia tarkastellaan hypoteesikohtaisesti sekä lopuksi niistä tehdään yhteenvetoa.

2.3.1 POPBL tekee luonnontieteiden opiskelun mielenkiintoisemmaksi ja motivoi opiskeluun

Valinnaiskurssin oppilaat (YMP/07) olivat jo valmiiksi motivoituneita opiskeluun kurssilla. Erityisesti tutkimuksellisen opiskelun mahdollisuuteen, käytännön tutkimuksiin ja vierailuihin oltiin tyytyväisiä.

”Opin, etten aina tarvitse kummosia välineitä tutkimuksen tekoon, voin käyttää silmiäni ja nenääni.” (StudentT1Y)

Oppilaiden kokemukset myös soveltavalla kurssilla (KE4/7) olivat positiivisia ja projektia pidettiin motivoivana ja mielenkiintoisena. Ainoa kritiikki tuli siitä, että POPBL -projekti vei paljon aikaa perinteiseltä teoriaopetukselta kurssin puitteissa, mikä tiesi runsasta kotiläksyjen määrää.

Pakollisille kursseille osallistuu koko ikäluokka riippumatta motivaatiosta, tieto- tai taitotasosta. Kaikki pakollisen kurssin (BI2) oppilaat pitivät POPBL -projektia motivoivana, erilaisena ja mukavana. Tutkimuksessa heikommin menestyneiksi luokitellut oppilaat kaipasivat enemmän opettajan perinteistä opetusta, paremmin menestyneiksi luokitellut oppilaat taas huomasivat, että pikkuasiat voi hyvin lukea kirjasta kotonakin. Heidän mielestään toiminnalliset vierailut korkeakoulun laboratorioon ja ryhmätyöskentely antoivat opiskeltavasta asiasta kokonaiskuvan, jota ei saa niin helposti lukemalla vain kirjasta.

2.3.2 POPBL edesauttaa opiskelijoiden kykyä hankkia luonnontieteiden sisältötietoa ja osaamista

Muutamit oppilaat, tavallisesti paremmin menestyviksi luokitellut, kertoivat haastatteluissa, että he olivat kotona lukeneet oppikirjaa ja etsineet tietoa netistä. Tämän vapaaehtoisen kotityön tehtyään heille oli muodostunut selkeä kokonaiskuva asiasta. Omissa esityksissään he osasivat selittää asian kuulijoille kuulijoiden tasolla. Heikommin menestyneiksi luokitellut oppilaat havaitsivat, että oli parempi turvautua oppikirjaan kuin yrittää löytää netistä oikeaa tietoa. He olivat huolissaan tulevasta kokeesta.

Tiedonhankinta POPBL -projektissa poikkesi tavallisesta oppikirjaan ja opettajan luentoihin pohjaavasta. Soveltavalla kurssilla (KE4/7) pääasialliseksi tietolähteeksi muodostuivatkin yritysvierailut ja yritysten nettisivut.

”Tiedon etsintä oppimista varten tarkoittaa, että on luettava paljon enemmän ja sitä tietoa on käsiteltävä itse.” (StudentT1B)

"Parasta oli, että saimme nähdä kemiaa käytännössä... ja me myös opittiin asioita, joita ei ole kirjassa." (StudentT2K)

Tekemällä oppiminen korostui erityisesti YMP/07 ryhmässä. StudentP2Y totesi:

"Kun on itse löydettävä oma tapa tehdä ja sen tekee itse, niin varmasti myös oppii." (StudentP2Y)

Myös toiset tässä ryhmässä puhuivat siitä, miten tärkeää on löytää oma tapa ratkaista ongelma keskustelemalla toisten ryhmän jäsenten kanssa ja jos vastausta ei löydy, on mahdollisuus käyttää opettajan asiantuntijuutta.

Opiskelijoiden ryhmiin jakamiseen on kiinnitettävä huomiota. OpiskelijaP2B sanoi:

"Jos me tehdään töitä ryhmissä, täytyy ryhmäjaon olla hyvin suunniteltu niin että niissä on sekä heikompia että parempia oppilaita joka ryhmässä." (OpiskelijaP2B)

Eritasoiset oppilaat voivat opettaa ja täydentää toisiaan. Eräs heikommin menestynvä, paljon koulusta poissaoleva oppilas kertoi, että hän ei voinut olla pois tunneilta, koska koko ryhmä olisi kärsinyt siitä. Opetussuunnitelman perusteissahan myös todetaan, että interaktiivinen opiskelu edistää yksilöllistä opiskelua (POPS 2003).

2.3.3 POPBL helpottaa siirtymistä koulusta työelämään ja yliopisto-opintoihin

POPBL -projekteissa opetus on yhteydessä ympäröivään yhteiskuntaan vierailujen välityksellä. Vierailut olivat myös tärkeä tiedonlähde, sillä oppilaat pääsivät kysymään suoraan asiantuntijoilta ja he saattoivat nähdä kemiaa käytännössä, kuten StudentP2K totesi:

"Pyhäsalmen kaivoksella näimme rikastusta ja malmin puhdistusprosesseja sekä sinkin valmistusta elektrolyysin avulla Bolidenin sinkkitehtaalla." (StudentP2K)

POPBL -projektivierailut avarsivat oppilaiden näkökulmia ja auttoivat heitä tulevaisuutensa pohtimisessa.

"Kemia on hyvin tärkeää niin kuin myös automaatio ja siltä tehtaalta voisi saada hyvän työpaikan. Siltä se näytti. Voisin kuvitella työskenteleväni siellä ja siksi minun on nyt alettava panostaa enempi kemiaan täällä koulussa!" (StudentP1B)

Mahdollisuus nähdä ammattikorkeakoulu sisältäpäin, olla lyhyen aikaa osa sitä ja työskennellä sen tutkimuslaboratoriossa oli valaiseva kokemus oppilaille, jotka olivat tottuneet omaan tavalliseen koululaboratorioluokkaansa.

"Muistan kaiken, mitä me tehtiin. Ammattikorkeakoululla me käytettiin pH-mittaria ja AASia raudan määrittämisessä vedestä." (StudentT1Y)

"Voin kuvitella opiskelevani ammattikorkeakoulussa." (StudentT1B)

2.3.4 POPBL sopii yhtä hyvin niin pojille kuin tytöillekin

Kyselyn vastauksista havaittiin, että tyttöjen ja poikien välillä ei ole eroja heidän mielenkiinnossaan luonnontieteellisiä ja teknisiä ammatteja ja töitä kohtaan. Haastattelussa Teacher2 sanoi:

”Sukupuolieroja ei ole. Jos on eroja, ne johtuvat henkilöstä, ei sukupuolesta. Mutta tytöt voivat joskus olla arkoja aloittamaan työn. Pojat vain alkavat tehdä. Siksi on hyvä olla sekaryhmiä.” (Teacher2)

2.3.5 POPBL on uusi mutta jo kokeiltu menetelmä ja se tehostaa luonnontieteiden opetusta

POPBL on erilainen tapa opiskella. Hyvin opiskeluissa menestyvä opiskelija StudentT2B veti yhteen kokemuksensa seuraavasti:

”Projektioppimisessa opitaan toisella tavalla. Jos et itse ymmärrä, voit kysyä toisilta ja he auttavat. Kun työskentelee yhdessä, toinen korjaa, jos olet väärässä. Koko ajan tulee ideoita ja oma käsityksesi rakentuu.” (StudentT2B)

Oppilaat huomasivat, että heidän on otettava enemmän vastuuta oppimisestaan, mikä tarkoittaa, että he joutuvat tekemään enemmän töitä itse. Tutkimukseen osallistuneet oppilaat olivat hieman hämillään, sillä he eivät olleet tottuneet tällaiseen tapaan opiskella. Kuitenkin he pitivät menetelmää motivoivana ja totesivat oppivansa asiakokonaisuuksia, eikä vain yksityiskohtia ja hajanaista tietoa.

2.4 Tutkimustulosten yhteenvetoa ja pohdintaa

Opettajille menetelmä tarjosi mielenkiintoisen haasteen uudistaa opetustaan. Perinteisesti kurssimuotoisessa lukiossa tahti on kova, valtakunnalliset opetussuunnitelman perusteet antavat tiukat raamit opetuksen sisällöille ja lisäpainetta luovat ylioppilaskirjoitukset. Useimmiten opiskelijaryhmät ovat niin suuria, ettei kovin vaihtelevia opiskelumenetelmiä voi käyttää.

Jotkut oppilaat kritisoivat sitä, että projektin yhteydessä oli liian vähän opettajan antamaa teoriaopetusta. Heidän mukaan ylioppilaskirjoituksissa kuitenkin kysytään enemmän yksityiskohtia. Suomessa ylioppilaskirjoituskokeet perustuvat pakollisiin ja soveltaviin kursseihin, joten opiskelijoiden mielestä POPBL -opiskelutapa soveltuisikin parhaiten valinnaisiin kursseihin.

Kuten aiemmin on kerrottu, Suomessa valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteet pohjaavat oppimiskäsitykseen, että oppiminen on yksilöllistä ja yhteisöllistä tietojen ja taitojen rakentamista (katso luku 1). Tässä tutkimuksessa POPBL -opiskelutapa motivoi oppilaita tavanomaista opettajajohtoista opetusta enemmän ja opetti heitä ottamaan vastuuta omasta oppimisestaan. Kun oppilaat esittivät tuotoksiaan draaman muodossa tai

pitivät valmistelemaan esitelmiä, he huomasivat, että he olivat oppineet ja se oli ollut jopa hauskaa.

Opetussuunnitelman perusteissa korostetaan, että opettaja valitsee työskentelytavat. Hänen tehtävänsä on opettaa ja ohjata oppimista. Toisaalta oppilaiden tulisi olla valmiita ottamaan vastuuta omasta oppimisestaan. Tässä tutkimuksessa havaittiin, että oppilaat eivät olleet tottuneet projektityöskentelyyn, mutta he kuitenkin totesivat menetelmän olevan motivoiva. Tällä menetelmällä he oppivat ymmärtämään kokonaisuuksia eikä vain pieniä yksityiskohtia. Projektioiskelussa yritys- ja korkeakouluvierailut ovat olennainen osa kokonaisuutta. Myös tämän tutkimuksen tulokset kertovat selkeästi niin opiskelijoiden kuin opettajien jakamattoman mielipiteen asiasta. Valtakunnan tasolla Kemianteollisuus ja Taloudellinen tiedotustoimisto edesauttavat mielellään yritysmaailman ja koulujen välistä yhteistyötä.

Yleisestikin Suomen lukiota vaivaava kiire (esim. Välijärvi et al 2009) tuli esille myös tässä tutkimuksessa. Kuitenkin oppilaat kaipasivat opetukseen enemmän demonstraatioita ja käytännön töitä sekä vierailuja, sillä niiden koettiin motivoivan opiskelemaan. Toisaalta oppilaat sanoivat, että heillä ei jäänyt aikaa perehtyä oppikirjan asioihin niin syvällisesti ja he olivat huolissaan siitä, olivatko he oppineet kokeessa kysyttävät asiat. Ohjaavatko siis oppikirjat ja ylioppilaskoe Suomen lukioissa opetusta ja opiskelua? Menetelmä auttoi opiskelijoita kokonaiskuvan hahmottamisessa. Kaikki opiskelijat eivät kuitenkaan ole vielä tässä iässä (17 - 19 vuotta) valmiita ottamaan vastuuta omasta oppimisestaan.

POPBL- opiskelutavan käyttö edellyttää kohtuullisia ryhmäkokoja ja myös opiskelijoilta uudenlaista asennoitumista opiskeluun. Tärkeää on, että jo alakoulusta lähtien läpi koulujärjestelmän oppilaat olisivat tottuneet työskentelemään projektipainotteisesti, koska monissa yliopistoissa ja ammatillisissa oppilaitoksissa projektityömenetelmät ovat yleisessä käytössä. Myös työelämässä tarvitaan nykyään yleisesti POPBL:ssa harjoitettuja tiimityötaitoja.

2.5 Luotettavuuden arviointia

Tutkimustulokset ja niistä tehdyt johtopäätökset on pääosin vedetty laadullisen aineiston ja sen käsittelyn pohjalta, koska määrällinen tutkimus olisi vaatinut myös kontrolliryhmien mukanaolon, mikä nyt puuttui kahdelta tutkimusryhmältä. Lisäksi lomakkeilla tehty alkukysely oli epätäydellinen kahden ryhmän kohdalla johtuen aikataulutuksesta. Kyselylomakkeilla kerättiin lähinnä opiskelijoiden käsityksiä luonnontieteiden opiskelusta yleisesti ja tietoja POPBL- projektin jälkeisen kokeen arvosanoja.

Laadullista aineistoa tässä tutkimuksessa on kerätty käyttäen useita aineistonkeruumenetelmiä (oppilaiden ja opettajien päiväkirjat, havainnoinnit, oppilas- ja opettajahaastattelut). Tutkimuksen tiedonantajina ovat olleet sekä POPBL -projektiin osallistuneet opettajat että heidän opiskelijansa. Saatu monipuolinen aineisto on ensin koodattu ja sitten käsitelty teemoittain, jotta on päästy vetämään johtopäätöksiä. Tulosten esittelyssä on tuotu lukijalle myös vastaajien suoria lainauksia lisäämään analysoinnin läpinäkyvyyttä. Näin toimien on pyritty parantamaan tutkimuksen luotettavuutta (esim. Hirsjärvi & Hurme 2001, Denzin & Lincoln 2000, 5, Eskola & Suonranta, 1996, Varto 1992,112).

3. Suomi muiden EU –maiden joukossa

Muutamissa EU -hankkeeseen POPBL (EU-Project, 042936 POPBL -School Science Teaching by Project Orientation - Improving the Transition to University and Labour Market for Boys and Girls) osallistuneissa maissa POPBL -opiskelutavalla opiskelleet nuoret saavuttivat myös hieman paremmat faktatiedot kuin kontrolliryhmät. Tämä ei pätenyt kuitenkaan kaikkiin maihin eikä kaikkiin tutkimusryhmiin. Esimerkiksi Suomessa pakollisen kurssin Bi2 opiskelijoilla käsitteiden hallinta jäi hieman heikommaksi kuin kontrolliryhmässä. Menetelmän sivutuotteena tapahtuu paljon ns. tiedostamatonta oppimista, jota on vaikea mitata. Tämä taas johtaa menetelmällä saavutettujen oppimistulosten aliarvioimiseen. (Kruger-Basener, Scheumann & Siemsen, 2008)

Vaikutukset opiskelijoiden uravalintoihin ovat vaikeasti ennustettavissa. Yhteydet yrityksiin ja korkeakouluihin koettiin kaikissa maissa antoisina ja motivaatiota lisäävinä. Tulosten perusteella Suomessa sukupuoli ei ollut merkittävä tekijä opiskelijan motivaatiota ja oppimista tutkittaessa. Tässä oli suuria eroja tutkimusmaiden välillä. Yleisesti ottaen pojat näyttivät hyötyvän menetelmästä tyttöjä enemmän. (Kruger-Basener et al., 2008)

Maakohtaiset tulokset osoittivat, että POPBL -opiskelutavasta hyötyivät eniten Saksa, Espanja, Tsekin tasavalta ja Romania; vähiten Suomi ja Tanska. Suomessa ja Tanskassa tutkivalla oppimisella on pitkät perinteet ja opetusmenetelmien kirjo on muutenkin suurempaa, joten POPBL:n vaikutukset eivät ole niin huomattavia.

Tutkimus osoitti, että opettajan rooli on POPBL -opiskelutavassakin tärkeä ja opettajaa kaivataan antamaan oikea-aikaisesti teoriaopetusta. Toisaalta opettajan rooli muuttui enemmän tiedonjakajasta oppimisen motivoijaksi, opetuksen suunnittelijaksi, ohjaajaksi ja tutoriksi. Jos suunnittelua ei ole hoidettu hyvin tai jos oppilaat eivät ole tottuneet tällaiseen tapaan työskennellä, voi ydinasia kadota.

Tuoreessa Lukiopedagogiikan arviointi -tutkimuksessa ilmeni, että suomalaisessa lukiossa opettajat kyllä osaavat opettaa, mutta opetus voisi olla vieläkin enemmän motivoivaa, mukaansatempaavaa ja vuorovaikutteista (Väljærvi et al., 2009). POPBL -hanke sai jotkut tutkimukseen osallistuneista opettajista miettimään opetusmenetelmiä yleisemminkin. Tällainen itsetutkiskelu voi tuntua stressaavalta ja ahdistavaltakin, mutta se saattaa luoda mahdollisuuden opettajan ammatilliseen kasvuun.

”Olen alkanut kysellä lapsiltani, mitä he oikein tekevät oppitunneillaan; kuuntelevatko he lainkaan ja muistavatko kuulemastaan mitään.” (Teacher2)

POPBL -opiskelutapa on yksi hyvä mahdollisuus opiskella luonnontieteitä lukiossa ja se tuo mukavaa vaihtelua perinteiseen opetukseen. Opettajan näkökulmasta kokemukset projektista olivat rohkaisevia ja kannustavat hyödyntämään menetelmää opetuksessa jatkossakin. Kokemus sai kokeiluun osallistuneet opettajat pohtimaan oppimisprosessia ihan uudella tavalla: on merkittävämpää, miten asioita opettaa kuin se, mitä ehtii opettaa. Projekti on saanut jatkoa Keski-Pohjanmaalla, kun uusi hanke nimeltään TUKEMIA (Tukemia, 2010) lähti käyntiin vuoden 2010 alussa. Hankkeen aikana kokeilua tullaan laajentamaan kaikkiin koulu- ja luokka-asteisiin esikoulusta korkeakouluihin.

Lähteet

- Denzin, N. K. & Lincoln, Y. S. (2000). The Discipline and Practice of Qualitative Research. Kirjassa N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (toim.), *Handbook of qualitative research* (s. 1-28). Sage. Thousand Oaks. CA.
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2001). *Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Helsinki: Yliopistopaino.
- Jakku-Sihvonen, R. & Niemi, H. (2006). Research-based Teacher Education. Kirjassa R. Jakku-Sihvonen & H. Niemi (toim.), *Research-based Teacher Education – Reflections by Finnish Teacher Educators* (s. 31-50). Turku: Painosalama Oy,
- Kalajoen lukio. (2010). <http://www.lukio.kalajoki.fi/>, luettu 1.9.2010.
- Kemianteollisuus ry. (2010). <http://www.chemind.fi>, luettu 1.9.2010.
- Kokkola Industrial Park. (2010). <http://www.kip.fi>, luettu 1.9.2010.
- Kokkolan yhteislyseon lukio. (2010). <http://www.yhteislyseo.kokkola.fi>, luettu 1.9.2010.
- Kolb, A. (1984). *Experimental leaning*. Englewood Cliffs, N.Y.: Prentice-Hall, Inc.
- Krüger-Basener, M., Scheumann, I. & Siemsen, H. (2008). Final symposium. Project organized and problem based science learning. Results and recommendations. EU-RP6-2005 –Science and Society.
- Lie, S., Linnakylä, P. & Roe, A. (2003). Northern Lights on PISA, Unity and diversity in the Nordic countries in PISA 2000. Programme for International Student Assessment, Department of teacher education and school development, University of Oslo, Norway. Saatavissa: <http://ktl.jyu.fi/pisa/NorwayNorthernLights.pdf>, luettu 01.04.2007.
- LOPS. (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet*. Opetushallitus, Vammalan kirjapaino, Vammala.
- POPS. (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*. Opetushallitus, Vammalan kirjapaino, Vammala.
- Rosenørn, T. (2003). *Project organized Problem Based learning*. Aalborg University Esbjerg. Publication 2003/1.
- Taloudellinen tiedotustoimisto. (2010). <http://www.tat.fi>, luettu 1.9.2010.
- Tukemia. (2010). <http://projekti.centria.fi/tukemia>, luettu 10.9.2010.
- Varto, J. (1992). *Laadullisen tutkimuksen metodologia*. Helsinki: Kirjayhtymä.
- Väljärvi, J. & Linnakylä, P. (2002). *Tulevaisuuden osajat PISA 2000 Suomessa*. Jyväskylän koulutuksen tutkimuslaitos, Kirjapaino Oma Oy,
- Väljärvi, J., Huotari, N., Iivonen, P., Kulp, M., Lehtonen, T., Rönholm, H., Knubb-Manninen, G., Mehtäläinen, J. & Ohranen, S. (2009). *Lukiopedagogiikka*. Koulutuksen arviointineuvoston julkaisu 40.

Liite 1 – Kemian opetuksen päivät 2010 ohjelma

Torstai 08.04.2010

TUKEMIA tutkimalla oppii - ALOITUSSEMINAARI

8.45 **Ilmoittautuminen ja aloituskahvit**

9.15 **Tervetuloa**

Projektipääällikkö Maija Rukajärvi-Saarela, Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu

9.30 **Mitä yhteistä on Mozartilla ja kemialla?**

Professori Juha Hakala, Kokkolan yliopistokeskus Chydenius

10.00 **TUKEMIA- PROJEKTIN TAUSTOJA**

TEKNOKAS – kemia

Esa-Matti Järvinen

Minustako tutkija?

Anneli Kauppi ja Elina Nissilä

Kokemuksia yläkoulun ryhmän toiminnallisesta vierailusta KPAMK:n kemian laboratoriossa

Hilkka Penttilä, Ella Hautakoski ja Mikael Herlevi

Kokemuksia POPBL- projektista

Maija Rukajärvi-Saarela, Päivi Ojala, Teemu Käsäkangas ja Tuula Heikkilä

OSKE

Leena Faven

11.00 **TUKEMIA- projektin esittely sekä suunnitelmia ja suuntaviivoja**

KPAMK päätoteuttaja, KETEK Oy osatoteuttaja

12.00 **Lounas**

- 13.00 **KEMIAN OPETUKSEN PÄIVIEN AVAUS**

Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulun tervehdys
V valtakunnallisten kemian opetuksen päivien avaus
Opetusneuvos Marja Montonen Opetushallitus
- 13.30 **Nanotieteen salat julki koulussa**
Lehtori Anssi Lindell, Jyväskylän yliopisto
- 14.15 **POPBL -the way to motivation**
Professori Birgit Storm Aalborg University
- 15.00 **Poster- ja oppimateriaalinäyttelyihin tutustuminen**
- 15.30 **Työpajoja**
- 17.15 **Näyttelyihin tutustuminen ja siirtyminen iltatilaisuuteen**
- 18.30 **Iltajuhla ja TEKNOKAS – kemian avajaiset Kokkolan kaupungintalolla**

Perjantai 09.04.2010

- 8.45 **Perjantapäivän avaus**
Kokkolan yliopistokeskus Chydeniuksen tervehdys Johtaja Mikko Viitasalo
- 9.00 **Teollisuus ja koulut yhteistyössä**
Apulaisjohtaja Riitta Juvonen, Kemianteollisuus ry
Henkilöstöjohtaja Tarja Halonen, Boliden Kokkola Oy
Apulaisrehtori Päivi Ojala, Kalajoen lukio
- Kaivoskoulutus osana kemian opetusta**
Kouluttaja Teemu Mäkinen, Keski-Pohjanmaan aikuisopisto
- 10.15 **Työpajoja**
- 12.00 **Lounas ja näyttelyihin tutustuminen**
- 13.00 **Tutkimuksellinen opiskelu mielekkään kemian opetuksen työtapana**
Professori Maija Aksela Helsingin yliopisto
- 14.00 **Päivien koonti ja keskustelua**

Liite 2 – Tutkimusartikkelien arviointikriteerit

Kemian opetuksen päivien 2010 tutkimusartikkelien arviointikriteerit

Hyvä arvioija.

Kokonaisvaltaiset ja yksityiskohtaiset arvioinnit ovat tärkeitä kirjan toimittamiseen liittyvien päätösten teossa. Arviointien toivotaan sisältävän konkreettisia ehdotuksia kirjoittajille, miten he voivat parantaa käsikirjoitustaan. Kemian opetuksen päivien kokoomateoksessa julkaistaan monentyyppisiä tutkimusartikkeleita. Kehotamme arvioijia huomioimaan arviointirungosta tarkasti kaikki arvioitavaa tutkimusta koskevat arvioinnin kohteet.

Arviointikriteerit

Kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsaus on ajankohtainen ja keskittyy tutkimuksen kannalta vain olennaiseen. Kirjallisuuskatsaus osoittaa yhteyden suoritettun ja aikaisemman tutkimuksen välillä. Tutkimusta ohjaava teoreettinen kehys on aiheellinen ja perusteltu.

Ongelmat, kysymykset tai hypoteesit

Tutkimuksessa on yksi tai useampi eksplisiittinen ongelma, kysymys tai hypoteesi. Ongelmat, kysymykset tai hypoteesit ovat tärkeitä kemian opetukselle ja oppimiselle. Ongelmat, kysymykset tai hypoteesit nousevat esille tutkimuskirjallisuudesta.

Metodologia

Metodologia soveltuu ongelmille, kysymyksille tai hypoteeseille. Metodologia soveltuu käytetylle tutkimustyyppille (esim. etnografinen, filosofinen..). Metodologia on raportoitu perusteellisesti mutta ytimekkäästi. Otokset ja otostaminen ovat selkeästi kuvailtu. Aineistot ja aineistojen lähteet ovat selkeästi kuvailtu. Käsikirjoitus sisältää tutkimuksen luotettavuustarkastelun. Käsikirjoitus sisältää esimerkkejä aineiston keräämistyökaluista, esimerkiksi haastattelumenetelmät, käsitekartat, havainnointimenetelmät.

Tulokset

Taulukot, kuvaajat ja kuvat ovat valmiita, helppoja lukea ja helpottavat tutkimuksen ymmärtämistä. Lainaukset ovat dokumentoituja ja tukevat väitteitä. Tulokset käsittelevät ongelmia, kysymyksiä tai hypoteeseja.

Johtopäätökset

Tulokset tukevat johtopäätöksiä.

Johtopäätökset käsittelevät ongelmia, kysymyksiä tai hypoteesejä.

Johtopäätökset ottavat kantaa tutkimuksen merkittävyyteen kemian opetuksen ja oppimisen näkökulmasta.

Tyyli ja kirjallinen ilmaisu

Käsikirjoitus sisältää tiivistelmän.

Otsikko on yhdenmukainen tutkimuksen kanssa.

Käsikirjoitus on kirjoitettu ohjeistetun tyylin mukaisesti.

Käsikirjoitus on selkeä, tiivis ja helppo lukea.

Arviointikriteerit ovat käännetty soveltuvien osin The Journal of Research in Science Teaching lehden arviointikriteereistä.

Kirjan toimitus

Maija Aksela, Johannes Pernaa & Maija Rukajärvi-Saarela